

Asfaltåtervinning och masshantering – hur kan klimatpåverkan reduceras?

*Asphalt recycling and handling of excavated masses
– how can global warming potential be reduced?*

Caroline Krouthén

Asfaltåtervinning och masshantering – hur kan klimatpåverkan reduceras?

Asphalt recycling and handling of excavated masses – how can global warming potential be reduced?

Caroline Krouthén

Handledare: Ulf Kjellén, Skanska Asphalt och Betong AB

Ämnesgranskare: Niclas Ericsson, institutionen för energi och teknik, SLU

Examinator: Åke Nordberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 30 hp

Nivå, fördjupning och ämne: Avancerad nivå, A2E, teknik

Kurstitel: Examensarbete i energisystem

Kurskod: EX0724

Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

Delnummer i serien: 2017:02

ISSN: 1654-9392

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: asfalt, återvinning, livscykelanalys, schaktmassor, bitumen, ballast

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Abstract

Skanska is working for climate neutrality and to increase the amount of recycled materials in their production. This thesis examines the global warming potential from the asphalt production in one of Skanska's asphalt plants. Different production scenarios were studied by lifecycle assessment to examine if increased recycled asphalt pavement content would decrease the global warming potential. The thesis also examined how the public sector work with questions regarding asphalt recycling. Since there is lack of plants in central areas where excavated masses can be stored and handled, excavated masses often are being transported for long distances which generates big amounts of emissions of greenhouse gases. Because of that, questions regarding reuse of excavated masses were also examined within the public sector. Additionally, the thesis also estimates the amount of emissions of greenhouse gases related to the need of asphalt production and transport of excavated masses in the county of Stockholm and Uppsala for the upcoming ten years.

The study showed that the most climate-friendly production was through production without RAP (reclaimed asphalt pavement) where the heating in the asphalt plant was done by incineration of wood powders which resulted in 17 kg CO₂-eq per tonne of asphalt. Emissions from production without RAP, where the heating in the asphalt plant occurred with incineration of liquefied petroleum gas (LPG), amounted to 33.5 kg CO₂-eq per tonne of asphalt. Incorporation of RAP increased emissions when the virgin aggregates were heated with wood powders. On the contrary, the emissions decreased with the addition of more than 25 % RAP when the virgin aggregates were heated up with LPG. Production consisting of 100 % RAP in the mix, without virgin aggregates, resulted in 25.6-25.8 kg CO₂-eq per tonne of asphalt. The study showed that by switching to renewable fuels and electricity in the aggregate production up to 8 % of the climate impact of asphalt can be reduced.

This thesis shows that neither questions regarding asphalt recycling nor excavated masses are prioritized in the county of Stockholm or Uppsala. Instead public sector considered that the responsibility for these issues belonged to the construction companies. By reducing the transport distance of excavated masses, greenhouse gas emissions will decrease. In order to get a more climate-friendly management, it is likely that issues relating to excavated masses must be raised to higher positions within the public sector.

The asphalt production for the county of Stockholm and Uppsala estimated for a ten-year period would lead to release of 75 300 to 726 223 tonnes of CO₂-eq. The amount of excavated masses estimated to be transported in the counties within a ten-year period would release 103 500 to 276 100 tonnes of CO₂-eq.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Skanska är ett av de största byggbolagen både i världen och i Sverige. Deras verksamhet innefattar bygg och anläggning av stora delar av infrastrukturen. Skanska arbetar för klimatneutralitet år 2050 och vill även öka användandet av återvunna material och samtidigt arbeta för en mer hållbar materialhantering.

Ett av Skanskas verksamhetsområden är asfaltproduktion. I detta examensarbete har en livscykelanalys utförts för ett av Skanskas asfaltverk där utsläppen av växthusgaser har undersökts. Vid väganläggningar och andra exploateringsprojekt uppkommer stora mängder schaktmassor. Brist på hanteringsstationer för dessa massor i centrala delar av samhället har lett till att schaktmassor ofta transporteras väldigt långa sträckor vilket genererar stora mängder utsläpp av växthusgaser. Skanska upplever detta som ett stort problem. För att få en bättre bild av hur offentlig sektor förhåller sig kring detta har kommuner i Stockholm och Uppsala län samt Trafikverket intervjuats. Syftet med intervjuerna var även att få en indikation för de mängder schaktmassor och asfalt som kommer att uppkomma respektive behöva produceras inom en tioårsperiod för att undersöka vilka mängder av växthusgasutsläpp de skulle generera.

I livscykelanalysen studerades flera olika scenarier med olika bränslen för både produktionen av stenmaterialet som ingår i asfalt samt för uppvärmning i asfaltverket. Asfaltproduktion utan inblandning av krossad returafalt där uppvärmningen av materialet i asfaltverket sker med förbränning av träpulver genererar enligt denna studie lägst utsläpp av växthusgaser: 17 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Skulle produktionen istället ske på samma vis men med förbränning av gasol för uppvärmning i asfaltverket skulle utsläppen enligt denna studie istället uppgå till 33,5 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Inblandning av krossad returafalt ledde enligt denna studie till ökade utsläpp av växthusgaser om det jungfruliga stenmaterialet i asfaltverket värmdes upp genom förbränning av träpulver. Om uppvärmningen av det jungfruliga stenmaterialet istället värmdes upp genom förbränning av gasol minskade utsläppen av växthusgaser med över 25 % inblandning av krossad returafalt. Asfaltproduktion som tillverkades med 100 % krossad returafalt, utan inblandning av jungfruliga stenmassor, resulterade i 25,6-25,8 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Studien visade även att med hjälp av förnyelsebara bränslen och elektrifiering i produktionen av stenmaterialet skulle klimatpåverkan för asfalten kunna reduceras med upp till 8 %.

Från intervjuerna framkom det att frågor kring asfaltåtervinning eller hantering av schaktmassor inte tycks vara prioriterade i varken Stockholm eller Uppsala län. Istället ansågs ansvaret främst ligga hos entreprenadföretagen. Intresset för en högre återanvändning av schaktmassor och att minska de utsläpp som uppstår vid hanteringen av schaktmassorna var högre än intresset för asfaltåtervinning. Utifrån intervjuerna erhöles inga siffror som kunde användas för att säkerhetsställa framtida behov av asfalt eller framtida uppkomna mängder schaktmassor. För att undersöka dessa mängder av asfalt och schaktmassor genomfördes istället uppskattningar av hur mycket asfalt som

kan behöva produceras dels till följd av byte av vägens slitlager och dels till följd av ökad befolkning i länen. Även mängd schaktmassor som kommer att uppkomma och därmed transporteras uppskattades till följd av ökad befolkningstillväxt.

Om mängden asfalt uppgår till det som uppskattades i denna studie skulle det kunna resultera i växthusgasutsläpp motsvarande 0,1-1,1 % (75 300 till 726 223 ton CO₂-ekv) av länens årliga växthusgasutsläpp. Om de i studien uppkomna schaktmassor transporteras samma sträckor som idag skulle de enligt denna studie komma att utgöra 0,15-0,4% (103 500 till 276 100 ton CO₂-ekv) av växthusgasutsläppen för tio år i Stockholm och Uppsala län. Genom att minska transportsträckan för schaktmassor kan växthusgasutsläppen minska. Flera av de intervjuade berättade att de inte kände att de kunde påverka hanteringen av schaktmassor. För att få en klimatvänligare hantering krävs antagligen att frågor kring schaktmassor lyfts till högre positioner inom den offentliga sektorn.

Exekutiv sammanfattning

Examensarbetet har studerat asfaltproduktionen i ett av Skanskas asfaltverk och utifrån det utfört livscykelanalys för asfalttillverkningen. Dessutom har examensarbetet genom intervjuer även undersökt hur offentlig sektor jobbar med återvinning och återanvändning av schaktmassor samt återvinning av asfalt. Uppskattning av framtida klimatpåverkan till följd av asfaltproduktion och transport av schaktmassor utfördes.

Livscykelanalys för flera olika produktionsscenarier med och utan iblandning av asfaltgranulat samt med olika bränslen för ballastproduktionen utfördes. Studien visade att den mest klimativänliga tillverkningen var genom produktion utan asfaltgranulat där uppvärmningen i asfaltverket skedde med träpulver och resulterade i 17 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Skulle produktionen istället ske på samma vis men med förbränning av gasol för uppvärmning i asfaltverket skulle utsläppen enligt denna studie istället uppgå till 33,5 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Inblandning av granulat ökade utsläppen då jungfrulig stenmassa värmdes upp med träpulver. Tvärtom minskade utsläppen med inblandning av över 25 % granulat då den jungfrulig stenmassa värmdes upp med gasol. Produktion bestående av 100 % inblandning av granulat resulterade i 25,6-25,8 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Studien visade att genom byte till förnyelsebara bränslen eller el i ballastproduktionen skulle upp till 8 % av växthusgasutsläppen reduceras.

Från intervjuerna framkom det att frågor kring asfaltåtervinning eller hantering av schaktmassor inte tycks vara prioriterade i Stockholm eller Uppsala län. Hos de intervjuade ansågs ansvaret ligga hos entreprenadföretagen. Genom att minska transportsträckan för schaktmassor skulle växthusgasutsläppen minska. För att få en klimativänligare hantering krävs antagligen att frågor kring schaktmassor lyfts till högre positioner inom den offentliga sektorn.

Uppskattningsvis kommer asfaltproduktionen för Stockholm och Uppsala län inom en tioårsperiod att släppa ut 75 300 till 726 223 ton CO₂-ekv. Mängden schaktmassor som kommer behöva transporteras i länen inom en tioårsperiod att uppskattas släppa ut 103 500 till 276 100 ton CO₂-ekv.

Förord

Stort tack till Skanska för att jag har fått skriva mitt exjobb hos er, det har varit väldigt lärorikt. Sedan vill jag också rikta ett stort tack till min handledare Ulf Kjellén som stöttat och kommit med kommentarer och uppmuntran under arbetets gång. Tack också till alla andra som på Skanska Asfalt och Betong som svarat på frågor och hjälpt mig med arbetet och till alla på kontoret i Stockholm som låtit mig delta i trevliga luncher! Ett varmt tack även till min handledare Niclas Ericsson för värdefulla diskussioner och synpunkter kring mitt arbete och för att du delat med dig av din kunskap kring livscykelanalyser. Tack också till alla utanför Skanska som ställt upp på intervjuer.

Jag vill också rikta ett stort tack till min familj som stöttat mig under hela min studietid. Stort tack också till Emma för synpunkter och reflektioner vid opponeringen såväl som stöd under studieåren. Sist men absolut inte minst vill jag även rikta ett stort tack till min sambo Joakim för att du alltid tror på mig!

Caroline Krouthén,

Stockholm, juni 2017

Innehåll

1.	Inledning	1
1.1	Syfte.....	2
1.2	Frågeställningar	2
1.3	Avgränsningar	2
2.	Bakgrund	3
2.1	Asfalt.....	3
2.2	Återvinning av asfalt.....	4
2.3	Schaktmassor	5
3.	Teori	6
3.1	Trender inom asfaltåtervinning	6
3.2	Asfaltproduktionen i Vällsta	8
3.3	Framtida bränslen för entreprenadmaskiner	9
3.4	Anläggningar för masshantering.....	10
3.5	Livscykelanalys	11
3.6	Intervjumetoder	13
4.	Metod	14
4.1	LCA.....	14
4.2	Intervju	27
4.3	Beräkning av framtida klimatpåverkan.....	28
5.	Resultat.....	30
5.1	Återvunnen respektive jungfrulig asfalt	30
5.2	Nya bränslen i ballastproduktionen.....	34
5.3	Känslighetsanalys	38
5.4	Osäkerhetsanalys	39
5.5	Masshantering i offentlig sektor	41
5.6	Klimatpåverkan i Uppsala och Stockholms län från asfaltproduktion och hantering av schaktmassor	43
6.	Diskussion och slutsats	44
6.1	Återvunnen respektive jungfrulig asfalt	44
6.2	Nya drivmedel i ballastproduktionen.....	45
6.3	Framtida klimatpåverkan i Stockholm och Uppsala län.....	45
6.4	Slutsats	47
7.	Referenser	48
7.1	Litteratur.....	48
7.2	Personlig kommunikation	53

8.	Bilaga A - <i>Beräkning av utsläpp från sprängmedel</i>	55
9.	Bilaga B – <i>LCI-data</i>	56
10.	Bilaga C – <i>Karaktäriseringsfaktorer</i>	58
11.	Bilaga D – <i>Intervjufrågor</i>	59
11.1	Frågor - schaktmassor	59
11.2	Frågor – asfalt	59
12.	Bilaga E - <i>Beräkningar av miljöpåverkan i Stockholm och Uppsala län</i>	60
12.1	Beräkning med hänsyn till nya slitlager:	60
12.2	Beräkning med hänsyn till ökad befolkning	62
13.	Referenslista för bilagor	68

1. Inledning

År 1997 förband sig flera av världens länder till Kyotoprotokollet vilket bland annat innebar att industriländer förpliktigade sig att minska utsläppen av växthusgaser med minst 5 % jämfört med 1990 års nivåer (Strippel, 2002). Utsläpp av växthusgaser leder till att temperaturen på jordklotet stiger vilket innebär förändringar för världens klimat. FN arbetar därför för att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till max två grader jämfört med den globala temperaturen under förindustriella tiden (Naturvårdsverket, 2016). Klimatförändringarna är den miljöfråga som Sveriges regering valt att arbeta hårdast mot genom ännu högre krav för minskade växthusutsläpp och ökad andel energi från förnybara källor (Regeringskansliet, 2015).

En del i att minska klimatförändringarna är att hushålla med jordens resurser (Regeringskansliet, 2017). EU arbetar med en gemensam avfallshierarki i syfte att öka resurshållningen (Naturvårdsverket, 2017b). Högst upp i avfallshierarkin återfinns att arbeta förebyggande mot uppkomsten av avfall, och därefter återanvändning av material följt av materialåtervinning. Längst ner i hierarkin finns deponering. För att minska andelen avfall som deponeras har EU även som mål att 70 % av allt bygg- och rivningsavfall återanvänds eller återvinns år 2020 (Regeringskansliet, 2015).

Skanska är ett av de största byggbolagen både i världen och i Sverige. Deras verksamhet innefattar bygg och anläggning av stora delar av infrastrukturen. Från vägar och bostäder, till underhåll av infrastrukturen, likväl som produktion av bland annat asfalt, betong och bergmaterial som krävs i bygg- och anläggningsverksamheten (Skanska, 2017b). Klimatfrågan är högt prioriterad hos Skanska och företaget har som vision att vara klimatneutrala år 2050 (Skanska, 2016). Klimatneutralitet ska täcka alla delar i Skanskas verksamheter och även de material som de inte själva producerar och istället handlar av leverantörer. Förutom klimatneutralitet arbetar Skanska även för att energieffektivisera sina arbeten och att i så stor utsträckning som möjligt använda material som består av förnybara eller återvunna resurser (Skanska, 2017a).

Bergmaterial och schaktmassor står idag för en stor mängd av den svenska transporten. 2013 uppgick den till en fjärdedel av all godstransport i Sverige (Statens Geotekniska Institut, 2016). I Stockholms län består över hälften av den vikt av gods som transporteras av schaktmassor (Optimass, 2017). Skanska upplever idag svårigheter med att hitta markytor där mellanlagring kan äga rum och även en brist på markytor där tillstånd kan sökas för att bedriva återvinnings- och deponiverksamhet (Kjellén, pers.). För att dessa verksamheter ska vara lönsamma måste dessa markytor även finnas i närheten av platserna där exploatering och massor uppstår, både i ekonomiska och miljömässiga aspekter för att transporterna inte ska leda till för stora utsläpp av växthusgaser. Platser för masshantering saknas ofta i kommunernas översiktsplaner och Skanska är därför intresserad av att få en bättre bild av hur den offentliga sektorn arbetar för att göra hanteringen mer miljövänlig. Förutom det är Skanska också intresserad av att få en bättre

bild av hur Trafikverket, kommuner och länsstyrelse arbetar med frågor kring återanvändning och återvinning av både asfalt och schaktmassor.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport var att ge Skanska en bättre bild av hur marknaden för återvinning av asfalt och hantering och återanvändning av schaktmassor inom offentlig sektor ser ut idag. Rapporten ämnade även utreda skillnaden i klimatpåverkan med hjälp av livscykelanalys för asfalt utan inblandning av asfaltsgranulat (krossad returafalt) med asfalt innehållande asfaltsgranulat. Livscykelanalysen baserades på asfalt tillverkad i asfaltverket i Vällsta och utfördes med hjälp av ett verktyg som författaren skapade. Dessutom avsåg arbetet att undersöka åtgärder för minskad klimatpåverkan för asfaltsproduktionen i Vällsta.

1.2 Frågeställningar

- Hur skiljer sig klimatbelastningen mellan återvunnen asfalt och framtagning av jungfrulig asfalt?
- Vilka klimatbesparingar kan göras inom en tioårs period genom ökad inblandning av asfaltsgranulat?
- Vilka klimatbesparingar kan göras i asfaltproduktionen med hjälp av byte till andra bränslen?
- Hur ser länsstyrelse, kommuner och Trafikverket på återvinning och återanvändning av asfalt och schaktmassor?
- Vilka mängder asfalt och schaktmassor kommer att behöva produceras och hanteras inom en tioårsperiod?

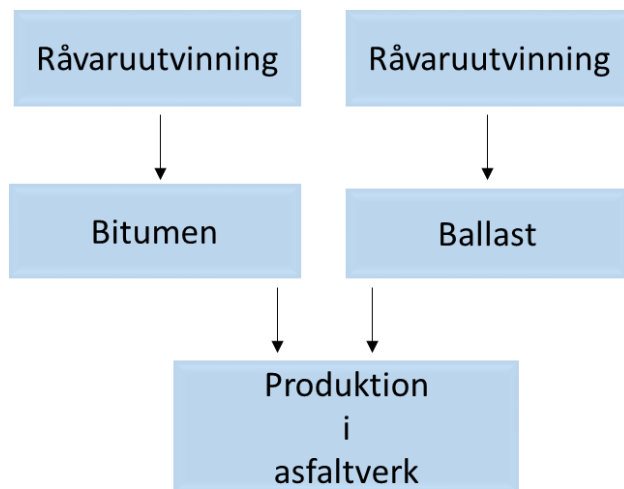
1.3 Avgränsningar

Då rapporten utgjordes av 30 högskolepoäng fanns inte möjlighet att utreda marknaden och miljöbesparingar för hela Sverige och därför har rapporten istället inriktat sig på Uppsala och norra Stockholms län då dessa län har hög tillväxt och därför är bland de mest intressanta områden för Skanska. Livscykelanalysen begränsades till asfaltproduktionen och ingen beaktning av utläggning eller underhåll av asfalten har därför studerats.

2. Bakgrund

2.1 Asfalt

Asfalt består i huvudsak av krossat ballast, det vill säga krossat stenmaterial, vilket ofta utgör omkring 93-96 % (Asfaltskolan, 2011). Resterande material utgörs främst av bindemedel som håller ihop asfalten, vilket oftast består av bitumen som framställs genom destillation av råolja. Ibland används även tillsatsmedel som bland annat kan bestå av aminer eller cement för att förbättra asfaltens egenskaper. En förenklad bild av asfaltproduktionen kan ses i Figur 1.

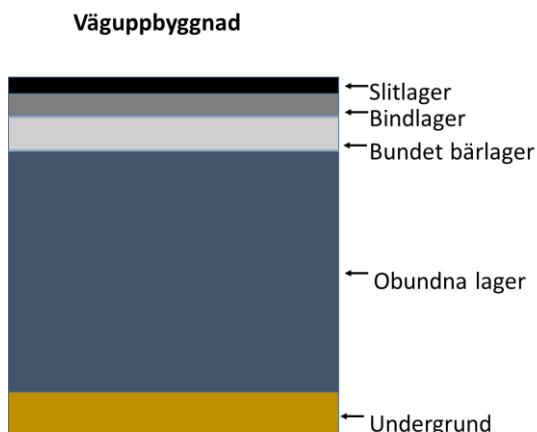


Figur 1. Förenklad bild över asfaltproduktion.

Över hälften av Sveriges ballastproduktion används i asfaltproduktion och till andra delar i vägbyggen (SGU, 2016). Fram till mitten av 1980-talet utgjordes ballastmaterialet till störst del av naturgrus, men består idag främst av krossat bergmaterial. En anledning till minskningen av naturgrus är på grund av att det är en ändlig resurs som har stor betydelse för Sveriges dricksvattenförsörjning.

Förhållandet mellan ballast och bitumen varierar beroende på önskad kvalitet (Gustafsson, pers.). Vägar är uppbyggda av olika lager varav de översta lagerna utgörs av asfalt och kallas slitlager, bindlager och bundet bärlager (Figur 2). Bitumen ska utgöra drygt 6 % av vikten i slitlagret, cirka 5,5 % i bindlagret och mellan 4-5 % i det bundna bärlagret. Den råolja som används till bitumenproduktion kommer främst från Ryssland,

mellanöstern och Sydamerika (Eurobitume, 2012). Förutom mängden bitumen ställs även andra kvalitetskrav för de olika lagren (Trafikverket, 2015).



Figur 2. Vägens är uppbyggnad i ungefärlig skala. De tre översta lagerna, slitlager, bindlager och bundet bärlager utgörs av asfalt. De övriga lagerna består inte av asfalt och behandlas inte i rapporten.

Hur vägens lager utformas beror även vilken belastning vägen ska utsättas för. En motorväg ska exempelvis klara tyngre trafik och kräver därför mer asfalt per kvadratmeter än mindre belastade vägar. Den belastning som vägen utsätts för påverkar även asfaltens livslängd (Asfaltskolan, 2017). Större motorvägar såsom Europavägar och även landsvägar som har en högre trafikmängd kräver nytt slitlager vart sjätte till tionde år medan mindre trafikerade vägar ofta inte renoveras förrän efter upp till efter 40 år.

Globalt produceras cirka 1600 miljoner ton asfalt per år och drygt en fjärdedel av produktionen sker inom Europa (EAPA, 2015a). I Sverige produceras cirka 7,5 miljoner ton asfalt varje år (Jacobsson, 2015).

En ökad befolkningstillväxt leder till ett ökat behov av bostäder och infrastruktur och enligt Glover & Donald (1975) finns ett tydligt samband mellan befolkningstillväxt och anlagda vägar. Det finns även en tydlig koppling mellan nybyggnation och produktion av ballast (SGU, 2016).

2.2 Återvinning av asfalt

Asfalt är 100 % återvinningsbar, förutom den asfalt som innehåller stenkolstjära eller höga halter av andra cancerogena ämnen (Nordiskt Vägforum, 2012). Användning av stenkolstjära i asfalttillverkningen upphörde dock under 1970-talet, men för att säkerhetsställa asfalten innan den återvinns analyseras asfalten för att förhindra att höga halter av cancerogena ämnen hamnar i asfaltproduktionen.

Sverige började återvinna asfalt under 1990-talet och mängden returafalt som gått till återvinning och återanvändning har varit 1-1,5 miljoner ton per år under de senaste åren (Jacobsson, 2015). Av dessa har cirka två tredjedelar använts i asfaltsåtervinning. Övrig returafalt har bland annat återanvänts till obundna lager. Att återanvända returafalt till

obundna lager ger inte lika stora miljöbesparingar som att återvinna asfalten till ett bundet lager (Re-Road, 2012). En mindre del har även hamnat på deponi (Jacobsson, 2015). Intresset för återvinning uppkom dels på grund av att både ballast och bitumen består av ändliga resurser samtidigt som det kan vara en ekonomisk fördel i de perioder då oljepriset är högt (Hellman & Morgin, 2009).

2.3 Schaktmassor

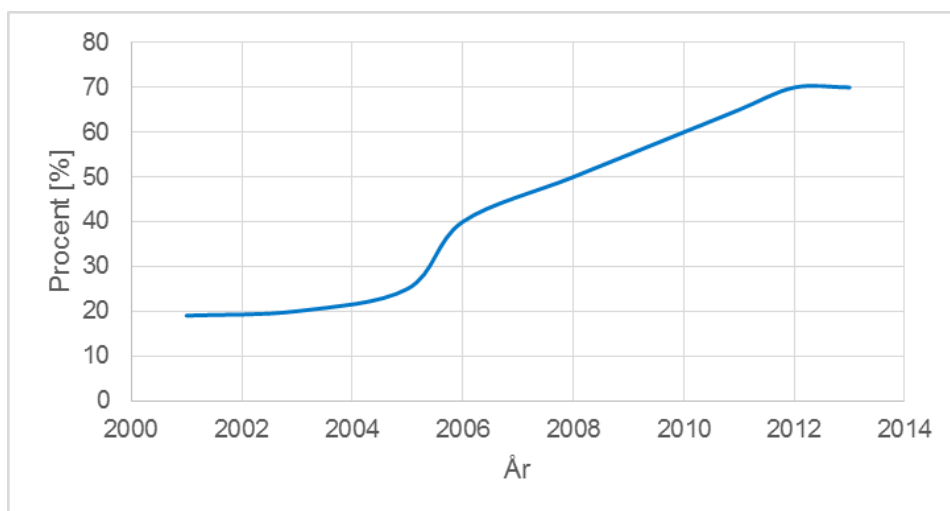
Schaktmassor består av olika typer av schaktade berg-, jord- eller andra fyllnadsmassor som uppkommer vid bygg och anläggningsprojekt (SGI, 2017). Dessa massor måste tas omhand i anläggningar för deponi, mellanlagring eller rening, alternativt utnyttjas i andra projekt. De anläggningar som tar hand om avfall och återvinning i Sverige räknas som farlig verksamhet (Naturvårdsverket, 2010).

3. Teori

Avsnittet teori ämnar ge läsaren en djupare förståelse av hur trender för asfaltproduktion med inblandning av asfaltgranulat ser ut både i Sverige och globalt. Teoridelens syfte är även att beskriva tekniken för asfaltproduktionen i Vällsta, vilka bränslen som kan bli aktuella för arbetsmaskiner i framtiden samt hur hanteringen av schaktmassor ser ut idag. I teoridelen ges även en bakgrund till livscykelanalys och intervjumetodik. Teoridelen genomfördes med hjälp av litteraturstudier och genom samtal med personal på Skanska.

3.1 Trender inom asfaltåtervinning

Asfalt kan återvinnas i stationära asfaltverk eller på plats på vägen i mobila asfaltverk (Vägverket, 2004). I båda teknikerna kan återvinningsprocessen ske genom varm-, halvvarm- eller kallåtervinning. Vid kall återvinning värms asfaltgranulatet (krossad returafalt) till högst 50°C, vid halvvarm till 50-120°C och vid varm återvinning till över 120°C. Tidigare var kall och halvvarm återvinning vanligast i Sverige men idag är varm återvinning den mest använda metoden (Jacobsson, 2015). I början av 2000-talet innehöll cirka 2 % av den asfalt som tillverkades genom varm metod granulat (EAPA, 2015a). I början av 2010-talet uppgick samma siffra till 70 % (Figur 3).



Figur 3. Andelen av asfaltproduktion som tillverkades genom varmframställning och innehöll granulat år 2001-2015. Siffrorna är hämtade från EAPA (2015).

Idag innehåller asfalten som produceras genom varm tillverkningen i Sverige i genomsnitt cirka 14 % granulat (Pålsson, pers.). Det är en stadig ökning från 2002 då andelen endast var cirka 2 %.

En fördel med varm återvinning är att asfaltmassorna kan användas till vägar med tyngre trafikklass än de svalare återvinningsmetoderna (Vägverket, 2004). Det finns dock regler för hur mycket asfalt som får blandas in i de olika lagren. För varm återvinning accepteras idag om asfaltmassan ska få kallas nytillverkad inblandning av 20 % asfaltgranulat i vägens slitlager (dock inte för alla typer av slitlager), 30 % inblandning i bindlager och

40 % i bitumenbundet bärlager (Trafikverket, 2015). Enligt Olsson (pers.) är dessa restriktioner för tillåten mängd asfaltgranulat dock på väg att ändras.

Samtidigt som mängden granulat i asfalttillverkningen har ökat var år 2015 var den totala leveransen av ballast i Sverige nästan 84 miljoner ton och cirka 56 % användes till vägbyggen (SGU, 2016). Ett ökat behov av ballast på över 100 miljoner ton i flera år framöver skulle dock innebära ett behov av nya bergtäkter. Tillstånd för bergtäkter är ofta svåra att få i tätbefolkade områden på grund av att täkter bland annat måste placeras på ett visst avstånd från bebyggelse. Tillstånd försvåras även om området för en planerad täkt exempelvis ligger inom ett naturskyddsområde (Grånäs, et al., 2013).

3.1.1 Hög halt asfaltgranulat

Trots Trafikverkets regler finns det exempel på privata vägar i Sverige som till stor del består av asfaltgranulat. Skanska har intill Vällsta asfaltverk anlagt en av sina tungt trafikerade vägar med 70 % asfaltgranulat (Kjellén, pers.).

Dock är flera länder längre fram i användandet av asfaltgranulat i asfaltproduktionen än Sverige. I Japan består 47 % av all massa i asfaltproduktionen av asfaltgranulat (NAPA, 2015). Technical University i Riga har även kommit fram till att det är möjligt att asfalt med 50 % granulat bör kunna leva upp till samma kvalitet som vägar utan asfaltgranulat (Izaks, et al., 2015). Zaumanis, Mallick och Frack (2014) har även genomfört studier av asfalt tillverkad av hundra procent asfaltgranulat. I studierna framkom det bland annat att en gata i New York, belagd med 100 % asfaltgranulat, elva år efter utläggning inte visade några synliga försämrade egenskaper jämfört med en väg utan asfaltgranulat. Trots detta ansåg författarna att mer forskning krävs för att undersöka asfaltens hållbarhet.

3.1.2 Åldrat bitumen

En av orsakerna till att offentliga sektorer kan ha restriktioner mot hög inblandning av återvunnen asfalt är på grund av rädslan för konsekvenserna av åldrande bitumen (Zaumanis, et al., 2014). Då bitumen åldras minskas dess elastiska förmåga som är viktigt för att asfalten inte ska deformeras på grund av de väder och den trafik den utsätts för (Zaumanis, 2015). I en enkätförfrågan till olika asfaltproducenter i Europa var bindemedlets åldrande en av de viktigaste frågorna för hur stor procentandel återvunnen massa som tillsätts i asfaltproduktionen (Re-Road, 2012). Åldring av bitumen kan ske vid upphettning av returasfalt och orsaka sprickbildning i asfalten, men enligt EAPA (2015b) kan problemet reduceras av sänkt uppvärmningstemperatur. Problemet med åldrande och förhårdnande bitumen kan även lösas med att man använder ett mjukare bindemedel (Re-Road, 2012). Zaumanis (2015) har kommit fram till att bland annat restavfall i form av

olja från livsmedelsindustrin kan användas i asfaltproduktionen för att ge en förnyande effekt för åldrat bitumen.

3.2 Asfaltproduktionen i Vällsta

I Vällsta norr om Stockholm finns ett av Skanskas asfaltverk som återvinner och tar emot returafalt (Gustafsson, pers.). Verket är ett satsblandningsverk som tillverkar varmblandad asfalt. I ett satsblandningsverk finns det möjlighet att tillverka mindre satser av olika typer av asfalt vilket skiljer satsblandningsverk från kontinuerliga verk (Nordiskt Vägforum, 2012). Intill verket finns en bergtäkt från vilken ballast produceras och används som jungfruligt material till asfalttillverkningen. I viss produktion används även ballastmaterial som inte kommer från täkten utan levereras från Dalarna på grund av att den erhåller högre kvalitet som ibland kan behövas i slitlagret (Kjellén, pers.).

3.2.1 Ballastproduktionen

För att ta fram nytt bergmaterial som kan användas till ballast måste berget först frigöras från överliggande mark och växter. Detta görs genom avverkning av skog och uppgrävning och borttagning av överliggande mark, vilket kallas *avbaning*. Både tidsåtgång och energiförbrukning vid avbaning varierar väldigt beroende på bergets utformning och även på grund av den överliggande markens egenskaper (Kjellén, pers.). Då bergytan är ren från andra massor kan *losshållningen* påbörjas. Losshållningen är den process som genom borrar och sprängning lösgör bergmaterial. I losshållningen används dieseldrivna borrar och sprängämne (Stjernström, pers.). Efter losshållning kan vissa bergmassor vara av större storlek än vad som kan hanteras i kommande processer och måste då *skutknackas* för att erhålla önskad storlek. Efter skutknackningen transporteras bergmaterialet till krossen där det krossas till mindre fraktioner. Krossningen utförs i flera steg med hjälp av både diesel- och eldrivna krossar. Den ballast som ska användas till asfaltproduktion lagras efter krossningen i närheten av asfaltverket dit den transporteras med hjälp av dumptrar.

3.2.2 Asfaltgranulaten

Returafalten som kommer från befintliga vägar behöver också krossas innan den kan användas i asfaltproduktionen och benämns efter krossningen som asfaltgranulat. Trafikverket menar att returafalten kommer bäst till användning om olika lager i asfalten kan särskiljas så att exempelvis slitlager som ofta har högst kvalitet kan användas till slitlager på nytt (Vägverket, 2004). Enligt Gustafsson (pers.) sker dock ingen sortering av returafalt och allt material krossas istället till en homogen massa. Krossningen av returafalten sker med separata dieseldrivna krossverk och efter varje dag med krossning analyseras bindemedelshalt och fukthalt. Prover tas även för att säkerställa att returafalten inte innehåller stenkolstjära eller andra cancerogena ämnen. Efter krossningen lagras asfaltgranulatet i närheten av verket och transporteras dit med hjälp av dumptrar.

3.2.3 Asfaltverket

Med hjälp av hjullastare portioneras ballasten och asfaltgranulatet till specifika kalldoseringsfickor i asfaltverket. Därifrån transporteras de via bandmatare till separata torktrummor för jungfrulig ballast respektive asfaltgranulat. Torktrumman för det jungfruliga materialet kallas i denna rapport för *stentrumman*. Inblandning av asfaltgranulat kan ske på olika vis men i verket i Vällsta sker inblandningen genom en parallell torktrumma, i denna rapport kallad *parallelltrumman*. I torktrummorna hettas materialet upp för att bli av med fukt och för att bli enklare att blanda med varandra och även med bindemedlet. Stentrumman värms till 140-200°C och upphettningen sker genom förbränning av träpulver eller gasol (Gustafsson, pers.). Stentrumman kan köras mellan 0-16MW men träpulver kan endast användas vid 4-12MW. I parallelltrumman upphettas asfaltgranulatet till 120-150°C. Parallelltrumman har en maxeffekt på 12MW och idag används eldningsolja (EO1) till upphettningen. Nästa år ska dock både EO1 och gasol användas som bränsle i parallelltrumman. Bortsett från torktrummorna är övriga maskiner i verket eldrivna. I anläggningen lagras även bitumen som måste hålla en konstant temperatur och värms upp av el, vilket utgör över hälften av elförbrukningen i anläggningen.

Efter uppvärmning blandas massorna genom uppvägning tillsammans med bitumen och tillsatsmedel i satsblandaren till en homogen asfaltmassa. Därefter töms satsblandaren och asfalten lagras i eluppvärmda fickor innan den transporteras till platsen där beläggningen av asfalten ska ske.

3.3 Framtida bränslen för entreprenadmaskiner

Precis som inom transportsektorn utgörs större delen av bränslet som används för arbetsmaskiner inom entreprenadbranschen av fossila bränslen som inom entreprenadsektorn ofta består av diesel (Jonsson, 2017). Utsläppen från transportsektorn står för 40 % av koldioxidutsläppen och till det inkluderas även arbetsmaskiner som antas utgöra 6 % av Sveriges koldioxidutsläpp och av dessa kommer 40 % från entreprenadbranschen (Backman & Hammarqvist, 2012). Vid en jämförelse mellan utsläppen av växthusgaser inom flera olika sektorer, bland annat inrikes transporter och jordbrukssektorn, visades att trots att de totala utsläppen minskat från 1990 till 2015 har bidraget av utsläpp från arbetsmaskiner ökat från år 1990 till år 2015 (Jonsson, 2017).

Inom transportsektorn förutspås förnybar energi att öka fram till år 2050 till följd av ökad användning av biobränslen och elektrifierade fordon (European Commission, 2013). 2015 ökade användandet av biodiesel med 37 % jämfört med år 2014, varav HVO och FAME stod för en stor del av ökningen (Energimyndigheten, 2016b).

3.3.1 Biodiesel

Biodiesel är en diesel som kan användas istället för konventionell fossil diesel och utgörs ofta av HVO eller FAME (Energimyndigheten, 2016b). HVO står för hydrerade

vegetabiliska oljor, men kan även produceras av slakteriavfall. Det har dock uppdagats att flera producenter producerar HVO av den omdiskuterade råvaran palmolja eller restprodukter från palmoljeindustrin i brist på annat material (Preem, 2017).

FAME står för fettsyremetylestrar och utgörs i Sverige till större delen av raps och kallas då för RME (Energimyndigheten, 2016b). Båda FAME och HVO är anpassade för att kunna användas i konventionella dieselmotorer (Bioenergiportalen, 2011).

3.3.2 Elektricitet

En elektrisk motor med drivlina har en verkningsgrad omkring 80 % medan en dieselmotors verkningsgrad endast ligger omkring 20 % (European Environment Agency, 2016). Det finns olika typer av elektriska fordon, de som är eldrivna och laddas upp med hjälp av batterier samt de som är hybrider. Hybrider har både en elmotor och en förbränningsmotor, men den äldsta typen av hybrider kan inte laddas upp från elnätet. Istället laddas batteriet som är kopplat till elmotorn, vid inbromsning av fordonet. Dessa hybrida fordon är dock inte någon nyhet utan har funnits på marknaden i över 15 år. Fördelen ur ett klimatperspektiv är att verkningsgraden i fordonet stiger och därmed minskar utsläppen av växthusgaser. Verkningsgraden för användandet av hybridiserade fordon varierar på grund av att det till stor del beror av hur fordonet körs, men en sammanvägd energiminskning på grund av hybridisering av arbetsmaskiner antas variera mellan 30-50 % (Backman & Hammarqvist, 2012). Specifikt för hjullastare antas energiminskningen vara 10-35 %.

Volvo genomför just nu ett projekt med framtagning av eldrivna arbetsmaskiner vars syfte är att kunna användas i bergtäkter. Projektet sker i samarbete med bland annat Skanska och maskinerna kommer framöver att testas i en av Skanskas bergtäkter (Skanska, 2015). Maskiner som kommer att elektrifieras är bland annat hjullastare och dumper (Larsson, 2016). Enligt Jansson (pers.) ska dumpern som används till transport mellan krossverken endast drivas av el medan hjullasteran kommer att vara en elhybrid som kommer att användas ifall det krossade materialet behöver lastas till ett mellanlager.

3.4 Anläggningar för masshantering

De schaktmassor som inte används i andra anläggningsprojekt hanteras ofta som avfall. I Sverige finns cirka 170 anläggningar som är tillståndspliktiga för att ta emot avfall och cirka 300 som endast är anmälningspliktiga (Palm, et al., 2015). Anläggningarna delas upp i A-, B-, och C-verksamhet. För A- och B-verksamheter krävs tillstånd från länsstyrelsen medan C-verksamheter endast är anmälningspliktiga till kommunen (Naturvårdsverket, 2010). Det som avgör om klassificeringen av anläggningen är risken för att föroreningar ska spridas på grund av avfallet, vilken är högre för de tillståndspliktiga. Miljörapportering som beskriver hur avfall har behandlats krävs dock endast från tillståndspliktiga anläggningar (Palm, et al., 2015).

I Stockholms län har det upptäckts problem med hantering av schaktmassor. Kommuner i länet har därför startat ett samarbete för att gemensamt arbeta för en bättre hantering av massor (Miljösamverkan Stockholm, 2017). Projektet skapade stort intresse hos flera kommuner i Stockholms län och kom även att involvera bland annat Uppsala kommun. Ur projektet framkom det bland annat att två av länets täkter för deponi och mellanlagring av förorenade massor under hösten översteg sin kapacitet. Med anledning av en framtida ökad exploatering i länet har länsstyrelsen i Stockholms län påbörjat ett arbete för att undersöka möjligheten för tillstånd för en ny mark där massor kan tas emot för både mellanlagring och deponi.

Brist på samordning tillsammans med svårigheter att få tillstånd till att lagra schaktmassor i centrala områden där exploateringen ofta sker leder till att massor idag transporteras långa sträckor (Meurman, 2016). Sträckorna för transport av schaktmassor uppgår vanligtvis till 3-8 mil.

3.5 Livscykelanalys

Livscykelanalys (LCA) är en metod som ofta används för att beskriva den totala miljöpåverkan som en produkt orsakar från råvaruuttag till avfallshantering, ”från vaggan till graven” (Baumann & Tillman, 2004). Användandet av livscykelanalyser startade med energianalyser under 1960-talet men det var inte förrän 1992 som en uppförandekod för hur en LCA skulle genomföras kom till (Erlandsson & Lindfors, 2013). Uppförandekoden ledde sedan till att till en internationell standard för kvalitetsvillkor av vilka metoder som fick användas vid utförandet av LCA:er. Idag används LCA:er bland annat till beslutsunderlag, forskning och produktdeklarationer (Baumann & Tillman, 2004).

En LCA genomförs i fyra steg: definition av mål och omfång, inventeringsanalys, miljöpåverkningsbedömning samt tolkning av resultat. Metoden är en iterativ process och varje steg kräver tolkning av de resultat som erhålls. (Baumann & Tillman, 2004)

I mål och omfång beskrivs syftet med LCA:n, vilken tidsperiod och vilket geografiskt område som analysen omfattar. Omfånget av LCA:n beskrivs även genom uppsatta systemgränser. Systemgränserna beskriver vilka processer som studeras i LCA:n och begränsar vilka flöden som kommer att utvärderas i inventeringsanalysen (Baumann & Tillman, 2004). Ibland är det dock inte helt självklart hur utsläpp av olika flöden ska behandlas. I vissa processer produceras exempelvis flera produkter i samma process vilket kräver allokering för att bestämma hur resursfördelning och utsläpp ska behandlas (SLU, u.å). Allokeringar kan antingen baseras på fysiska eller ekonomiska egenskaper hos produkterna.

För att göra analysen jämförbar med andra studier krävs även en funktionell enhet. Baumann och Tillman (2004) exemplifierar den funktionella enheten för dryckesförpackningar till liter förpackad dryck, vilket gör miljöpåverkan av förpackningen jämförbar med förpackningar som rymmer samma volym dryck. Förutom

ovannämnda punkter är det innan inventeringsanalysen viktigt att identifiera de miljöpåverkanskategorier som ska studeras eftersom de inverkar på vilka parametrar som studeras under inventeringsfasen. Exempel på olika miljöpåverkanskategorier är bland annat klimatpåverkan, försurning, marknära ozon och övergödning (Baumann & Tillman, 2004).

I inventeringsanalysen studeras de flöden som ingår i det studerade systemet (Baumann & Tillman, 2004). Efter att flödena har identifierats inhämtas data för de olika flödenas resursanvändning och de utsläpp de genererar. Dessa data används sedan för att beräkna miljöpåverkan för systemet.

För att få en bild av påverkan från de utsläpp som identifieras i inventeringsanalysen genomförs miljöpåverkansbedömning. I miljöpåverkansbedömningen används karaktäriseringsfaktorer för att få ett samlat mått för vilka utsläpp som bidrar till en miljöpåverkanskategori. Klimatpåverkan beräknas exempelvis i kilo fossila koldioxidekvivalenter (kg CO₂-ekv), men det är inte endast koldioxid som ger upphov till klimatpåverkan. Andra växthusgaser, exempelvis, metan och lustgas bidrar också till klimatpåverkan (Larsson, et al., 2016). Dessa utsläpp översätts därför genom karaktäriseringsfaktorer till kg CO₂-ekv.

Efter miljöpåverkansbedömningen ska resultaten tolkas och presenteras på ett vis som gör resultatet lättillgängligt för läsaren. Eftersom data i en LCA ofta innehåller flera osäkerheter och antaganden är det även viktigt att utföra en eller flera känslighetsanalyser. I en känslighetsanalys varieras parametrar för att utvärdera osäkerheten i resultatet och samtidigt få en bild av vilka delar av systemet som har en betydande inverkan på resultatet. Osäkerhetsanalyser kan också behöva genomföras utifall det finns fler kända värden för exempelvis miljöpåverkan av ett material som ingår i analysen.

3.5.1 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan beskrivs ofta som *Global Warming Potential* (GWP) för tidsintervall av 20 eller 100 år (GWP20, GWP100). Att beräkna i GWP100 anses ofta som standard och är även den metod som har använts i Kyoto-protokollet. Palm (2014) menar dock att det kan vara problematiskt att endast använda GWP då exempelvis en svag växthusgas med lång livslängd och en stark växthusgas som har en kort livslängd kan indikera samma GWP även fast de kan ge upphov till olika temperaturförändringar över tid. Ett alternativ för att undersöka den globala uppvärmningen skulle enligt Palm (2014) istället kunna vara att räkna i *Global Temperature Change Potential* (GTP). Precis som för GWP används koldioxid som referens. Ett resultat i GWP baseras på en kumulativ rubbning av strålningsbalansen under en bestämd tidsperiod medan GTP beskriver istället förhållandet för den absoluta förändringen av den globala medeltemperaturen vid markytan för ett visst studerat år. Enligt Palm (2014) kan GTP därför vara mer lämplig för att undersöka klimatmål kopplade till temperatur.

Osäkerheter råder för hur utsläpp av NO_x och SO_x ska hanteras vid beräkning av klimatpåverkan. Gaserna är kortlivade och leder ofta till lokal påverkan på klimatet istället för global och därför råder osäkerhet om dessa gaser ska räknas in till klimatpåverkan eller ej. (Myhre, et al., 2013)

3.6 Intervjumetoder

Det finns fyra former av intervjuer; den öppna, den riktat öppna, den halvstrukturerade och den strukturerade (Lantz, 2013). I den halvstrukturerade metoden ställer intervjuaren förbestämda frågor i en bestämd följd där följdfrågor är tillåtna.

Telefonintervjuer kan genomföras för att undvika tidskrävande restider. Nackdelen med telefonintervju är risken att den intervjuade inte lika tydligt kan uttrycka sin åsikt eftersom möjligheten till kroppsspråk försvinner (Kvale & Brinkmann, 2014).

4. Metod

En LCA genomfördes för att jämföra klimatpåverkan mellan återvunnen asfalt och asfalt som endast innehåller jungfruligt bergmaterial. LCA:n baserades på en kartläggning av asfaltproduktionen vid asfaltverket i Vällsta. För att analysen även skulle vara användbar för fler av Skanskas anläggningar utformades ett verktyg i Excel som möjliggör analyser av ändringar av tillverkningsrecept, val av bränsle samt förbrukningsdata. Verktöget användes även för att studera vilka klimatbesparingar som skulle kunna göras i asfaltproduktionen med hjälp av byte till andra bränslen.

För att få en bild av hur Trafikverket, kommuner och länsstyrelse arbetar med frågor kring återanvändning och återvinning av både asfalt och schaktmassor genomfördes även intervjuer med ovanstående aktörer. Syftet med intervjuerna var också att få en uppfattning om mängden asfalt och schaktmassor som kommer att omsättas under de kommande tio åren.

För att beräkna de klimatmässiga besparingarna som Stockholm och Uppsala län skulle kunna göra på en tioårs period användes resultat från LCA:n och intervjuerna tillsammans med antaganden för framtida exploatering.

4.1 LCA

Nedan beskrivs utförandet av den LCA som genomfördes i rapporten.

4.1.1 Systembeskrivning

Syftet med LCA:n var att jämföra miljöpåverkan för asfalt som endast produceras av jungfruligt material med asfalt som innehåller asfaltgranulat. Den funktionella enheten sattes till 1 ton producerad asfalt. Ingen hänsyn togs till livslängden eftersom den har antagits vara densamma för både den asfalt som innehåller och den som inte innehåller asfaltgranulat.

Infrastrukturen i Vällsta, som krävs för både framtagning av jungfrulig och återvunnen asfalt, inkluderades inte i LCA:n. Allt jungfruligt stenmaterial antogs i denna LCA utvinnas från tåkten i Vällsta. All förbrukning som används för ballastproduktionen allokerades till det jungfruliga ballastmaterialet.

Den studerade miljöpåverkanskategorin för studien var klimatpåverkan.

Olika scenarier studerades för asfaltproduktionen: produktion utan återvinning, produktion med endast återvinning samt produktion med en viss andel återvinning. De olika scenarierna studerades med olika bränslen i torktrummorna (Tabell 1). Dessutom undersöktes olika scenarier där andra bränslen användes i processen i syfte att minska klimatpåverkan.

För att scenarierna skulle vara jämförbara med varandra undersöktes samtliga scenarier med samma andel stenmassa och bitumen, 94,5 % respektive, 5,5 %. Dessa värden antogs då andelen stenmassa är ett medelvärde av de spann som återfinns i Asfaltskolan (2011). Bitumen antogs utgöra resterande del. Mängden tillsatsmedel beräknas till 0,4 % av bindemedelhalten (CPM, 2008). Bindemedelhalten i granulatet antogs vara 4,5 % baserat på genomsnittet som angavs av Gustafsson (pers.).

Tabell 1. Ingående bränslen för samtliga scenarier. med undantag av scenario 5.

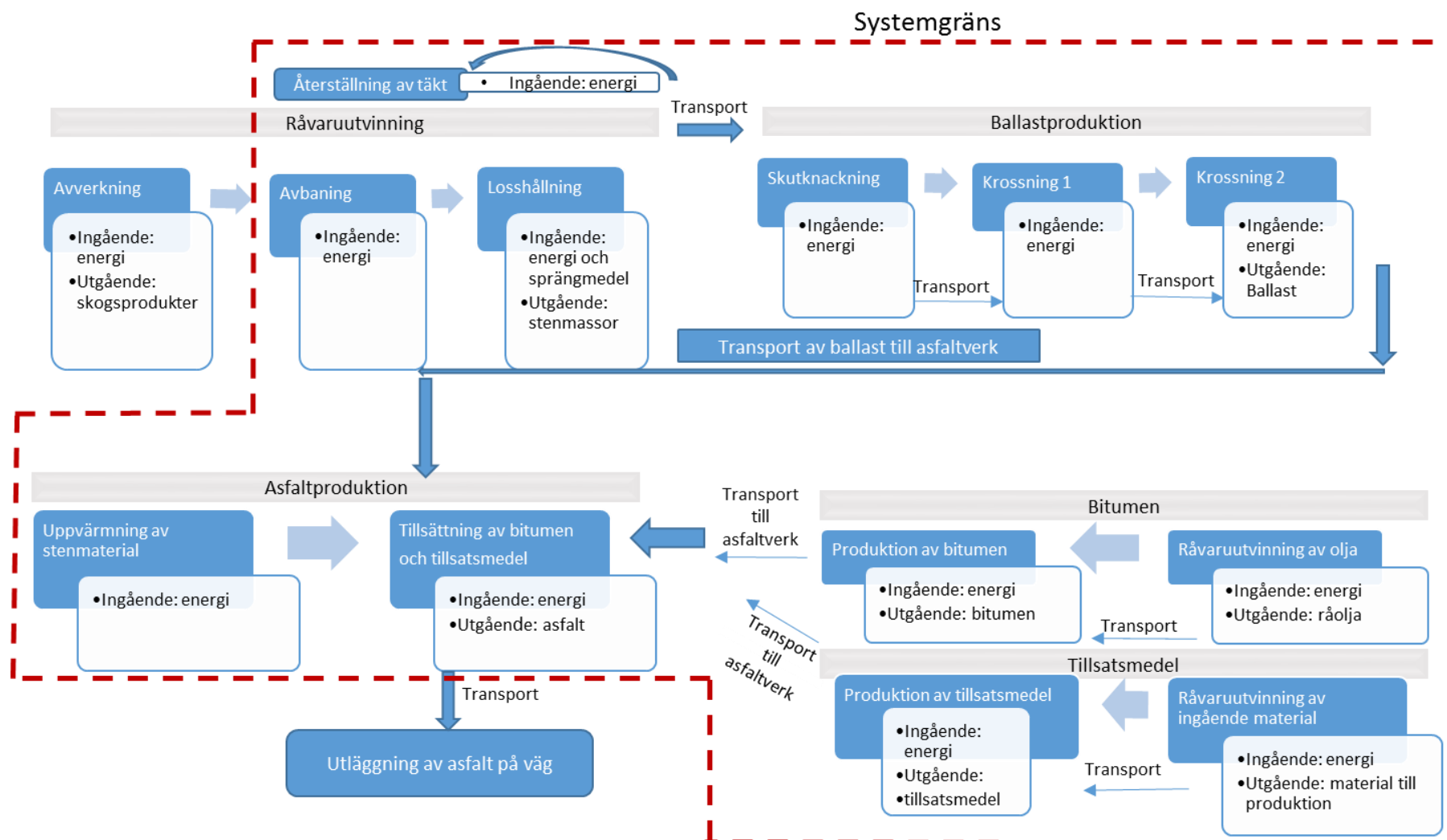
Scenario	Referensscenario	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Moment	Ingående bränsle	Ingående bränsle	Ingående bränsle	Ingående bränsle
Avbaning	Diesel	Diesel	-	Diesel
Losshållning			-	
- Borring	Diesel	Diesel		Diesel
- Sprängning	Sprängmedel	Sprängmedel		Sprängmedel
Ilastning	Diesel	Diesel	-	Diesel
Återställning av täkt	Diesel	Diesel	-	Diesel
Skutknackning	Diesel	Diesel	-	Diesel
Krossning 1	Diesel	Diesel	-	Diesel
Transport inom krossverk	Diesel	Diesel	-	Diesel
Krossning 2	El	El	-	El
Krossning av granulat	-	-	Diesel	-
Transport till asfaltverk	Diesel	Diesel	-	Diesel
Transportering i asfaltverk	El	El	EL	El
Uppvärmning av ballast i stentrumman	Gasol	Träpulver	-	a) b) Gasol c) d) Träpulver
Uppvärmning av granulat i parallelltrumman	-	-	a) EO1 b) Gasol	a) c) EO1 b) d) Gasol
Tillsättning av tillsatsmedel	Tillsatsmedel	Tillsatsmedel	Tillsatsmedel	Tillsatsmedel
Tillsättning av bitumen	Bitumen	Bitumen	Bitumen	Bitumen

4.1.2 Referensscenario – gasol, produktion utan asfaltgranulat

I detta scenario antogs all stenmassa som används i asfaltproduktionen komma ifrån den intilliggande bergtäkten i Vällsta. De steg som ingår i processen är råvaruutvinning genom avbaning, losshållning (borrning och sprängning) samt återställning av bergtäkten, ballastproduktion genom skutknackning och produktion i asfaltverk (Figur 4). Bränslet som användes i stentrumman för uppvärmning av stenmaterialet var gasol. Övriga ingående bränslen var el i asfaltverket och diesel i samtliga motordrivna fordon. Sprängmedel användes vid losshållning och bitumen och tillsatsmedel tillsattes i asfaltverket (Tabell 1).

4.1.3 Scenario 2 – träpulver, produktion utan asfaltgranulat

I detta scenario ingick samma steg som i referensscenariot: genom avbaning, losshållning (borrning och sprängning) samt återställning av bergtäkten, ballastproduktion genom skutknackning och produktion i asfaltverk (Figur 4). Skillnaden från referensscenariot var bränslet i stentrumman som i detta fall var trädbränsle (Tabell 1).



Figur 4. Flödesschema för referensscenariot samt scenario 2. Både avverkning av skog samt utläggning av asfalt är viktiga delar i asfaltprocessen, men dessa är inte inkluderade i denna LCA. Detta därför att avskogningen allokerades till sågverket som utvinnet produkter av avverkade massor medan utläggningen av asfalt på väg inte är en process som ingår i asfaltproduktionen i Vällsta. I referensscenariot är ingående energi i asfaltverket gasol. I Scenario 2 är ingående energi i asfaltverket träpulver.

4.1.4 Scenario 3 – produktion med endast asfaltgranulat

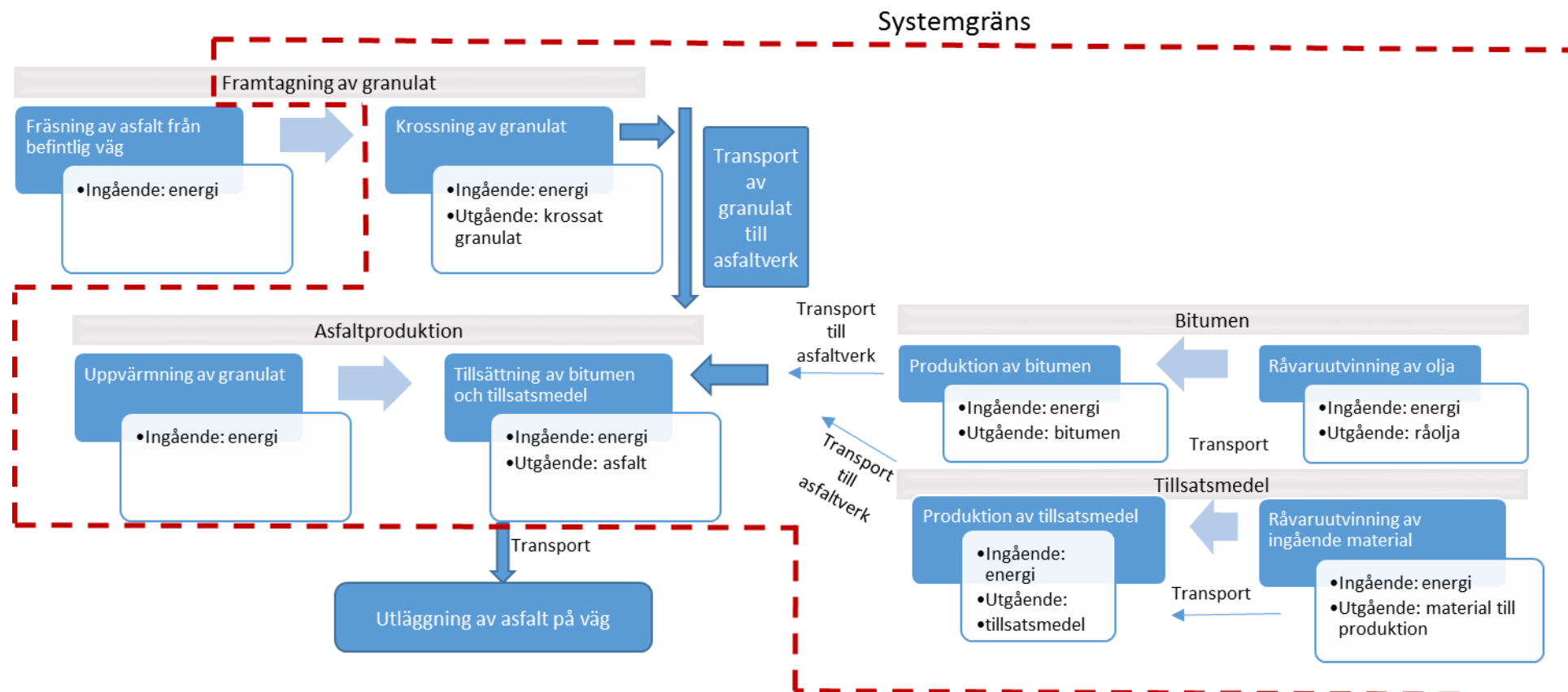
I detta scenario antogs all stenmassa bestå av granulat som kommit från befintliga vägar. Då fräsning och transport av granulat förekom vare sig det skulle användas till återvinning, återanvändning eller gå på deponi allokerades inte klimatpåverkan från detta moment till återvinningsprocessen. Istället startade flödet för återvinningsprocessen vid mottagandet av granulaten där det vid verket där granulatet krossas i separata dieseldrivna krossverk. Därefter transporteras granulatet till asfaltverket (Figur 5). Bränslet som används för uppvärmning och torkning i parallelltrumman är idag eldningsolja (Tabell 1). Under 2017 kommer Skanska förmodligen övergå till att använda både eldningsolja och gasol och därför undersöktes både ett fall där uppvärmningen endast skedde med eldningsolja (fall a) och ett fall uppvärmningen antogs ske med gasol (fall b). Övriga ingående bränslen var el i asfaltverket och diesel i samtliga motordrivna fordon. Bitumen och tillsatsmedel tillsattes i asfaltverket. Att granulatet redan innehåller en viss bindemedelhalt innebär också att en mindre mängd bitumen behöver tillsättas. I satsblandaren blandas massan med bitumen och tillsatsmedel. Mängden bindemedel som behövde tillsättas beräknades genom ekvation (1).

$$kg \text{ bitumen} = (\ddot{O}B - AR * BR) * \text{antal ton} * \frac{1000kg}{ton} \quad (1)$$

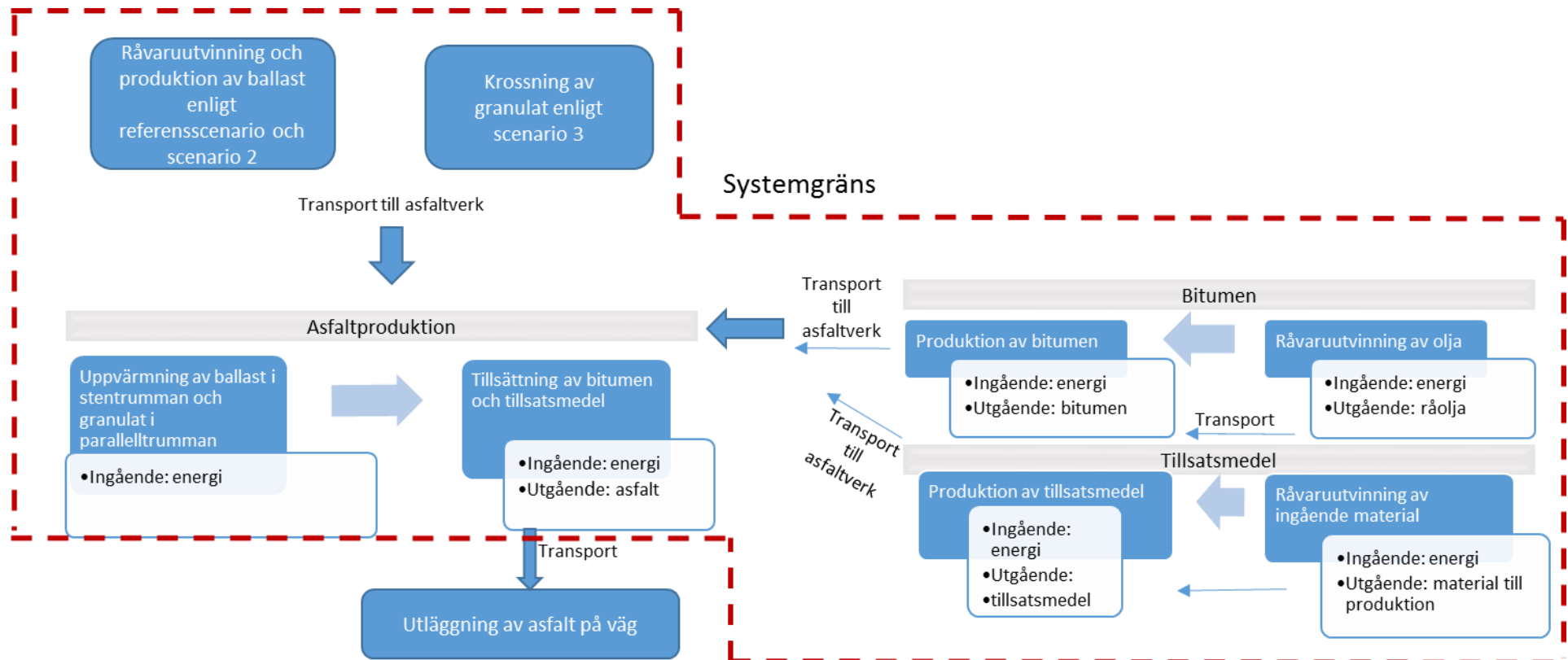
Där $\ddot{O}B$ indikerar önskad bindemedelshalt i asfalten. AR indikerar andelen returafalt och BR indikerar bindemedelshalten i returafalten.

4.1.5 Scenario 4 – produktion med en viss andel återvinning

I detta scenario betraktades både ballastmaterial som framställdes i bergtäkten enligt referensscenario och framtagningen av granulat enligt scenario 3 (Figur 6). Den önskade bitumenhalten antogs vara densamma som för de tidigare scenarierna, dvs 5,5 %. Bindemedelshalten hos granulatet antogs precis som i scenario 3 vara 4,5 %. Den tillsatta mängden bitumen beräknades enligt ekvation 1. Även i detta scenario studerades förändringen vid val av olika bränslen i stentrumman och parallelltrumman. Eftersom det finns olika bränslekombinationer studerades fyra fall med olika kombinationer av bränsle. Dessa var fall a, gasol i stentrumman och EO1 i parallelltrumman, fall b, gasol i båda torktrumorna, fall c trädbränsle i stentrumman och EO1 i parallelltrumman, och fall d, trädbränsle i stentrumman och EO1 i parallelltrumman (Tabell 1). Dessa fall studerades med 0-100 % inblandning av asfaltgranulat.



Figur 5. Flödesschema för scenario 3 med endast återvunnen asfalt. Precis som i scenario 1 inkluderades inte utläggningen av asfalt på väg eller transporten till vägen. Fräsning som är ett viktigt steg för att ta fram granulatet, inkluderas inte heller i scenario 3 på grund av att fräsningen antas ske vare sig massan skulle återvinnas eller ej



Figur 6. Flödesschema för scenario 4. Scenario 4 är en kombination av referensscenario 2 och scenario 3. Det ingående materialet består både av nyproducerat ballast och av återvunnen asfalt. Precis som i referensscenario 2 och scenario 3 inkluderades inte utläggningen av asfalt på väg eller transporten till vägen.

4.1.6 Scenario 5 - bränslebyten i tåkten

För att undersöka en möjlig reducering av klimatpåverkan i Vällsta utfördes modellering med andra bränslen för framtagningen av ballast. Bränslena som studerades var RME, HVO och elektrifiering av fordon. Både helt elektrifierade samt hybridfordonen. Vid modellering av HVO och RME antogs det att samma energimängd behövdes som i fallet med diesel.

Fem olika fall modellerades, scenario 5a, b, c, d och e (Tabell 2). I fall a och b antogs all diesel bytas till HVO respektive RME. I fall c och d antogs ilastning ske via en hybrid hjullastare, som antogs drivas av diesel i fall c och med den biodiesel utav RME och HVO som hade lägst klimatpåverkan i fall d. Transport inom krossverk samt transport till asfaltverket antogs ske genom elektrifierade dumptrar. Alla övriga maskiner som drivs av diesel antogs drivas med diesel i fall c och med den biodiesel utav RME och HVO som hade lägst klimatpåverkan i fall d. I fall e antogs alla arbetsmaskiner elektrifieras. Dessa fall jämfördes med ballastproduktionen i referensscenariot.

Tabell 2. Ingående bränslen för olika moment i scenario 5a-5e.

Fall	Avbanning	Borrning	Ilastning	Återställning av tåkt	Skutknackning	Kross1-diesel	Kross2-el	Transport inom krossverk	Transport till asfaltverk
a	HVO	HVO	HVO	HVO	HVO	HVO	EL	HVO	HVO
b	RME	RME	RME	RME	RME	RME	EL	RME	RME
c	Diesel	Diesel	Hybrid Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	El	El	El
d	HVO/RME	HVO/RME	Hybrid HVO/RME	HVO/ RME	HVO/ RME	HVO/ RME	El	El	El
e	El	El	El	El	El	El	El	El	El

4.1.7 Förbrukning

De data som har använts för att beräkna förbrukningen per ton producerad asfalt har tagits fram med hjälp av personal på Skanska och underentreprenörer till Skanska. Stora delar av data som fanns att tillgå var förbrukning på årsbasis, vilket gällde data för förbrukningen vid avbaning, återställning, ilastning, data för eldriven kross, transport till asfaltverk, samt förbrukning av el i asfaltverket och av bränslen för uppvärmning i stentrumman och torktrumma. Den genomsnittliga förbrukningen per ton beräknades därefter. För avbaning, återställning, skutknackning och ilastning saknades dock koppling till hur många ton bergmaterial som hade sprängts samma år. Det har i denna rapport antagits att förbrukningen för dessa steg varit dividerbara med antalet ton som loss hållningen generade år 2016.

Då det framkom att energiförbrukningen har ökat med 8-12kWh/ton asfalt sedan parallelltrumman installerades (Löfgren, pers.) antogs bränsleförbrukningen för referensscenariot och scenario 2 vara 10kWh/ton lägre än för övriga scenarier.

För scenario 5 har det antagits att RME och HVO går att använda i de befintliga dieselmotorerna. Förenklat antogs energiförbrukningen vara lika hög för HVO, RME som för diesel. Energiförbrukningen för eldrivna motorer har förenklat antagits vara en fjärdedel av energiförbrukningen i en konventionell motor till följd av att verkningsgraden ökar från 20 % till 80 %, undantaget för elektrifiering av krossverk. Vid elektrifiering av den dieseldrivna krossen antogs verkningsgraden vara tre gånger högre på grund av tidigare studier av elektrifiering av krossverk (Erlandsson, 2010a). Elförbrukningen per ton har därför förenklat antagits vara en tredjedel av den ursprungliga energiförbrukningen för det dieseldrivna krossverket.

Hybridmaskiner antogs ha en verkningsgrad av medeltalet för hjullastare, dvs en ökad verkningsgrad av 22,5 % och därmed förenklat en minskad bränsleförbrukning av 22,5 % jämfört med konventionella maskiner.

Transporten för bitumen från depå till asfaltverket antogs vara 80 km. Enligt Andersson och Gunnarsson (2009) utgörs transporter av bitumen ofta med hjälp av tankbilar som har en lastkapacitet på 30 ton och en förbrukning av cirka 0,5 liter diesel per km. Dessa värden användes i modelleringen.

Förenklat antogs det även i modelleringen att varje moment utgjordes av endast en maskin.

4.1.8 LCI-data

De inventeringsdata (LCI-data) som studerades i denna rapport har i så stor utsträckning som möjligt tagits från Europa. För inventeringsdata för sprängmedel var det inte möjligt och därför användes istället global data.

Miljöfaktaboken (Gode, et al., 2011) användes för att inhämta LCI-data för olika bränslen. Den diesel som användes i modelleringen antogs bestå av diesel med 5 % RME. Från miljöfaktaboken hämtades data för El, EO1, Diesel MK1 5 % RME, RME, och träpulver som approximerades till pellets och briketter. Elen som användes antogs vara el från vattenkraft.

Från databasen Ecoinvent version 3.3 inhämtades LCI-data för gasol och sprängmedel.

LCI-data för bitumen hämtades från Eurobitume (2012).

LCI-data för tillsatsmedel hämtades från CPM LCA Database (2008). Databasen är utvecklad av Chalmers tekniska högskola.

För HVO har det antagits att HVO produceras av restprodukter och ett färdigberäknat värde av 11 gram koldioxid per MJ har använts (Energimyndigheten, 2016a).

Data i Ecoinvent (2016) och data i CPM (2008) redovisas för en mängd olika ämnen. Endast de ämnen vars påverkan har bidragit med mer än 1 % till klimatpåverkan tagits med i denna analys.

De emissioner som uppstår vid förbränning av bränslen genererar olika utsläpp beroende på hur det förbränns och vilken typ av fordon eller verk som används (Gode m.fl., 2011). I denna studie betraktades endast utsläppen av koldioxid som genereras vid förbränning. Utsläppen av koldioxid vid förbränning av gasol hämtades från SCB (2014a). De emissioner som uppstår vid användningen av sprängmedel beräknades och återfinnes i Bilaga A.

Den koldioxid som uppkommer vid förbränning av biobränslen antogs inte bidra till klimatpåverkan eftersom dessa koldioxidutsläpp ingår i ett snabbt kretslopp. LCI-data för de betraktade ämnena återfinnes i Bilaga B.

4.1.9 Studerade miljöpåverkanskategorier

Klimatpåverkan beräknades för en tidshorisont på 20 och 100 år för både den globala uppvärmningspotentialen (GWP20 och GWP100) och den globala temperaturförändringspotentialen (GTP20 och GTP100).

Beräkningarna utfördes med hjälp av Ecoinvents karaktäriseringsfaktorer för GWP och GTP för samtliga ämnen som bidrog till klimatpåverkan förutom förutom för icke-metan flyktiga kolväten (NMVOC). För NMVOC användes kategoriseringsfaktorer från Forster, et al (2007).

För de utsläpp som inte var tillräckligt klassificerade för att avgöra dess karaktäriseringsfaktor, klorfluorokarboner (CFC:s) och NMVOC, undersöktes om det högsta respektive lägsta värdet på karaktäriseringsfaktorn för ämnet. Då bidraget till klimatpåverkan endast översteg 1 % då de högsta värdena för karaktäriseringsfaktorerna studerades har dessa använts i analysen. Karaktäriseringsfaktorerna som användes för de olika ämnena och för de olika klimatpåverkanskategorierna redovisas i Bilaga C.

4.1.10 Eventuella felkällor

För asfaltproduktionen hämtades data gällande årsproduktionen från många olika källor. Alla data var inte angivna baserat på årsproduktion. Störst osäkerhet fanns i data för ballastproduktionen. Då data saknades för hur torktrummorna använts har ingen hänsyn tagits till att asfalten kan produceras med olika effekt, vilket skulle ha kunnat ge andra utsläppsvärden.

LCI-data för alla de specifika ingående ämnen som Skanska använder i sina processer har inte heller gått att finna vilket kan ha lett till mindre representativt resultat av klimatpåverkan. I denna rapport har värden för träpellets använts istället för träpulver, vilket används i processen. Det antas dock inte ha haft större inverkan på resultatet. LCI-data för gasol och sprängmedel är inte specificerad för produktion i Sverige vilket också skulle kunna inverka på resultatet.

Då data har saknats över hur maskiner och fordon har använts har endast utsläpp av koldioxid från dessa inkluderats. Utsläppen av andra ämnen från förbränningen av bränslet har ej inkluderats, vilket kan ha lett till en underskattning av utsläppen i denna studie. Osäkerhet finns även i utsläppen från sprängmedlet eftersom ett visst kolinnehåll har antagits.

Det finns även en osäkerhet gällande de kategoriseringsfaktorer som användes för att beräkna klimatpåverkan för GWP20, GTP100 och GTP20. Felet gäller värdet på kategoriseringsfaktorerna för flyktiga kolväten (NMVOC) där inget värde hittades för GWP20, GTP100 och GTP20 och därför beräknades inte klimatpåverkan från NMVOC i dessa metoder.

4.1.11 Känslighetsanalys

Då flera osäkerheter fanns gällande förbrukningsdata har känslighetsanalyser genomförts för samtliga moment där data erhöles på årsbasis. Känslighetsanalyserna genomfördes genom att ingående moments energiförbrukning ökades respektive minskades med 25 %.

Känslighetsanalys utfördes för referensscenariot för samtliga moment för framtagningen av ballast. Ökad energianvändning av bränsle i stentrumman utfördes

också genom referensscenariot samt scenario 2. Känsligheten för förändrad energiförbrukning i parallelltrumman studerades i scenario 3.

4.1.12 Osäkerhetsanalys

Enligt Erlandsson (2010b) finns oklarheter för vilket värde av kg CO₂-ekv per kg bitumen som bör användas i LCA-studier. I denna studie har data från Eurobitume (2012) använts, men Erlandsson använder en egen studie ett utsläppsvärde av 0,3 av kg CO₂-ekv per kg bitumen. Enligt Erlandsson finns även studier som resulterar i över tre gånger högre utsläpp av växthusgaser för bitumen. På grund av att den stora spridningen av utsläppsvärden (kg CO₂-ekv) per kg bitumen har en osäkerhetsanalys utförts för att undersöka hur olika utsläppsvärden påverkar resultatet för klimatpåverkan för ett ton asfalt. I osäkerhetsanalysen studerades värdena 0,2 kg CO₂-ekv per kilo bitumen (värdets som har använts i denna LCA), 0,3 kg CO₂-ekv per kilo bitumen (Erlandsson, 2010b), 0,6 kg CO₂-ekv per kilo bitumen samt 0,9 kg CO₂-ekv per kilo bitumen (Tabell 3.). Osäkerhetsanalysen utfördes för referensscenariot, scenario 2 och scenario 3.

Tabell 3. Olika värden för utsläpp av växthusgas för ett kilo bitumen som har studerats i osäkerhetsanalysen. Det översta värdet (0,2 kg CO₂-ekv/kg) är värdet som har använts genomgående i denna LCA. 0,3, 0,6 respektive 0,9 kg CO₂-ekv/kg studerades endast i osäkerhetsanalysen.

kg CO ₂ -ekv/kg	Källa
0,20	Bearbetad data från Eurobitume (2012) tillsammans med en beräknad förbrukning för transport från raffinaderi i Sverige. Dessa data har använts i denna rapport.
0,3	(Erlandsson, 2010b)
0,6	Bearbetad data från Erlandsson (2010b), ökning med faktor 2
0,9	Bearbetad data från Erlandsson (2010b), ökning med faktor 3

4.2 Intervju

I denna rapport genomfördes intervjuerna genom metoden halvstrukturerad intervju. Syftet med intervjuerna var att få en bättre bild av hur frågor och mål kring återvinning och återanvändning av asfalt respektive schaktmassor berörs i den offentliga sektorn. Syftet var även att få reda på en ungefärlig mängd asfalt/schaktmassor som kommer att omsättas i kommunen under de kommande tio åren. Frågorna som ställdes i intervjuerna redovisas i Bilaga D.

Intervjuerna genomfördes per telefon, undantaget en där den intervjuade istället svarade på frågorna via mail.

För att komma i kontakt med rätt personer kontaktades först information/växel hos de olika kommunerna, länsstyrelser och Trafikverket som rekommenderade en anställd för intervju. Innan de rekommenderade personerna intervjuades kontaktades de via email och fick även de där en beskrivning om vad frågorna skulle handla om.

Kommunerna som kontaktades var Danderyd, Järfälla, Knivsta, Sigtuna, Sollentuna, Solna, Stockholm, Sundbyberg, Täby, Upplands Väsby, Upplands-Bro, Uppsala och Vallentuna. Även Trafikverket samt länsstyrelserna i Stockholm och Uppsala län kontaktades.

4.3 Beräkning av framtida klimatpåverkan

För att ge läsaren en bild av hur mycket asfalt och schaktmassor som produceras respektive transporteras beräknades framtida behov av asfalt och transporter av schaktmassor i Stockholm och Uppsala län. Beräkningar av asfaltbehov gjordes dels genom att uppskatta hur mycket slitlager, som kommer att behöva bytas under en tioårsperiod, enligt ekvation (2).

$$S_{Nytt} = V_L * V_B * A_{ton/m^2} * U_B \quad (2)$$

Där S_{Nytt} är mängd asfalt som behövs till nytt slitlager inom en tioårsperiod [ton], V_L är vägnätets längd [km], V_B är vägens bredd [m], A_{ton/m^2} är asfalt per kvadratmeter per yta [ton/m²] och U_B är antal gånger slitlagret kommer behöva bytas under en tioårsperiod [-].

Mängden asfalt som skulle behöva produceras i framtiden beräknades även genom att uppskatta hur mycket vägsträcka som kommer behöva läggas till följd av ökad befolkning i en tioårsperiod enligt ekvation (3).

$$A_B = \sum_{k=1}^n A_P * B_{2017} * B_T^k \quad (3)$$

$$n = 1, 2 \dots 10$$

Där A_B är asfaltbehovet under en tioårsperiod, A_P är genomsnittlig mängd asfalt per person [ton/invånare], B_{2017} är antal invånare i Stockholms respektive Uppsala län 2016-12-31 [invånare], B_T är befolkningstillväxt i Stockholms respektive Uppsala län [per år] och k är år framåt i tiden från $n = 1$ år till $n = 10$ år.

Utsläppen från mängden asfalt som enligt beräkningarna skulle behöva produceras studerades i referensscenariot, scenario 2 och 3a.

Mängden uppkomna schaktmassor baserades också på en ökad befolkning som antas kräva nya bostäder, N_B , enligt ekvation (4):

$$N_B = \frac{B_{2026} - B_{2017}}{P_B} \quad (4)$$

Där B_{2026} är beräknad befolkningsmängd i Stockholms respektive Uppsala län år 2026 och är P_B genomsnittligt antal personer per hushåll.

Därefter beräknades den mängd schaktmassor, SC [ton], som de nya bostäderna skulle ge upphov till enligt ekvation (5).

$$SC = SC_B * N_B * SC_D \quad (5)$$

Där SC_B är mängden schaktmassor som uppstår till följd av ett bostadsbygge [m^3/bostad] och SC_D är densiteten för schaktmassa [ton/m^3].

För att ta reda på de utsläpp som uppstår vid transport av schaktmassor multiplicerades därefter SC med de utsläpp som genereras [$\text{kg CO}_2\text{-ekv}/\text{tonkm}$].

För att få en bättre uppfattning av resultatens betydelse kan resultaten sättas i relation till utsläppen av växthusgaser per år i Stockholms respektive Uppsala län. 2014 var utsläppen av växthusgaser i Stockholms län cirka 5,1 miljoner ton och i Uppsala län cirka 1,6 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2017a).

Data och antaganden som användes i beräkningarna:

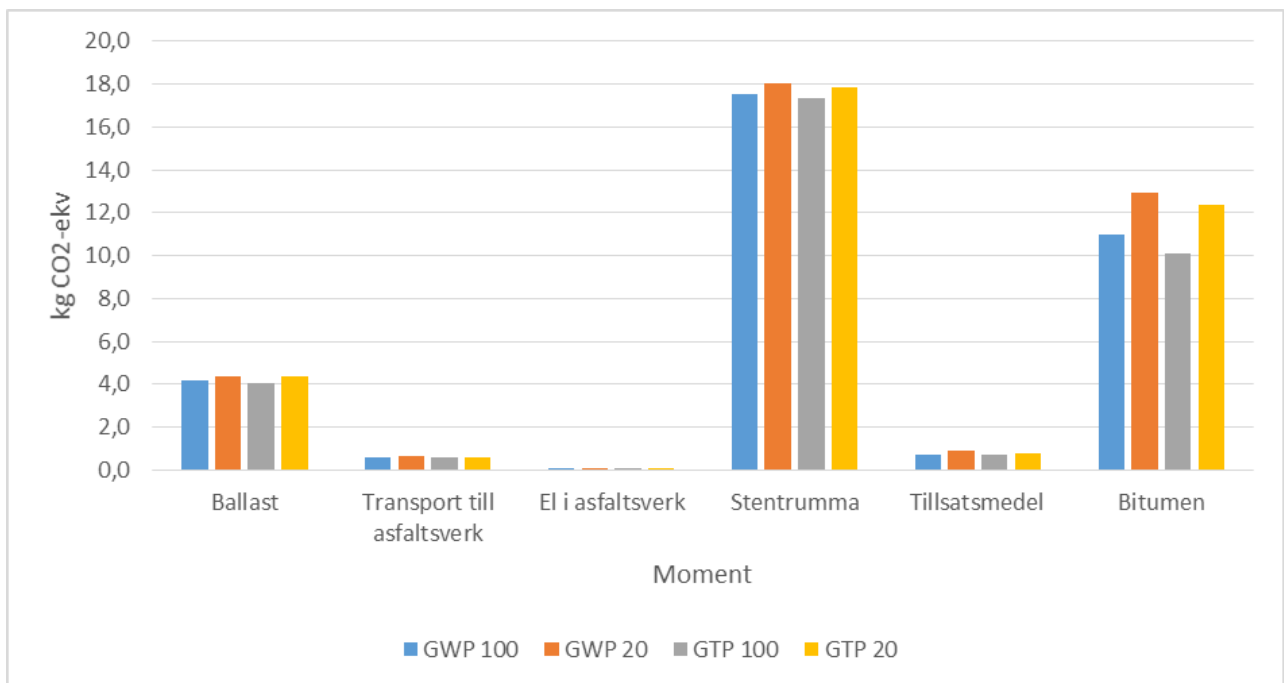
- 7,5 miljoner ton asfalt produceras årligen i Sverige
- Vägnätet i Stockholms län är 3 290km långt (Trafikverket, 2015)
- Vägnätet i Uppsala län är 3 420km långt (Trafikverket, 2014)
- Genomsnitts bredd av en väg antogs vara 14,5 meter
- 50 % av länens vägar antogs bestå av motorvägar eller andra högtrafikerade vägar
- Mängden asfalt hos slitlagret antas vara $0,065 \text{ ton}/\text{m}^2$
- Slitlagret hos motorvägarna och de andra högtrafikerade vägarna antas behöva bytas 1,4 gånger under en tioårsperiod
- Sveriges befolkning är tio miljoner invånare (SCB, 2017)
- I Sverige bor det i genomsnitt 2,2 personer per hushåll (SCB, 2014b)

Beräkningarna redovisas i Bilaga E.

5. Resultat

5.1 Återvunnen respektive jungfrulig asfalt

Den kumulativa metoden för beräkning av klimatpåverkan, GWP, ger högre klimatpåverkan än den direkta metoden, GTP. Att beräkna klimatpåverkan med kortare tidshorisont (GWP20 och GTP20) ger även en högre klimatpåverkan än vid beräkning med längre tidshorisont (GWP100 och GTP100) (Figur 7). Den absoluta klimatpåverkan beräknat för GWP100 var 33,5 kg CO₂-ekv per ton asfalt, för GWP20 var 36,3 kg CO₂-ekv per ton asfalt, för GTP100 var 32,2 kg CO₂-ekv per ton asfalt och för GTP20 35,4 kg CO₂-ekv per ton asfalt (Tabell 4). Skillnaden mellan GWP och GTP antas vara desamma för samtliga scenarier. I fortsättningen redovisas endast simuleringar av GWP100.

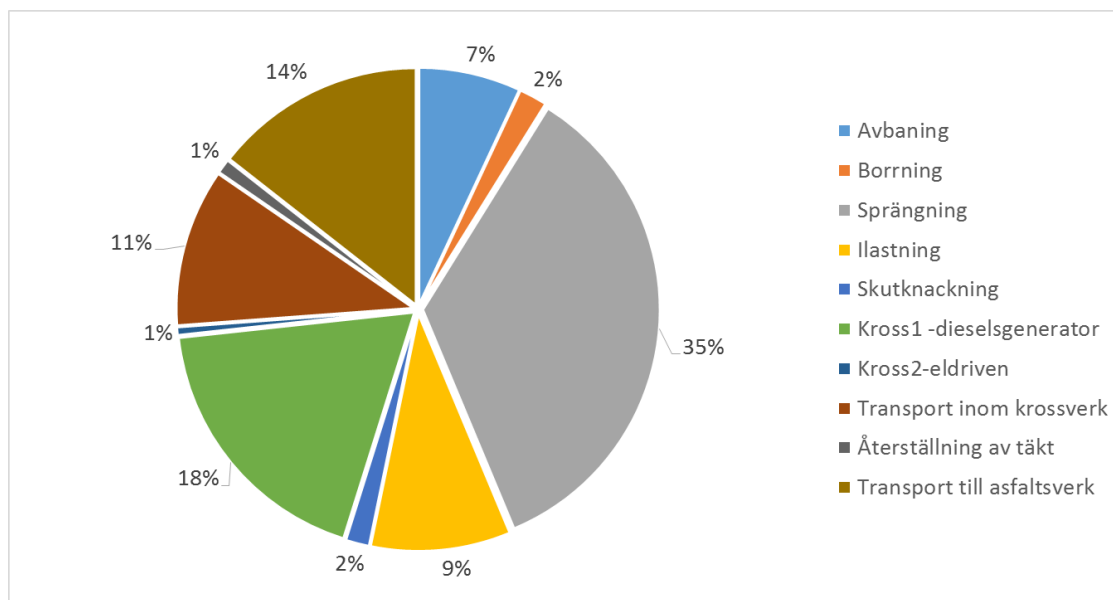


Figur 7. Klimatpåverkan för ett ton asfalt producerat enligt referensscenariot. Kumulativ beräkning av klimatpåverkan, GWP, ger högre klimatpåverkan än den direkta metoden, GTP. Klimatpåverkan beräknad för en kortare tidshorisont (20 år) ger även högre klimatpåverkan än för en längre tidshorisont (100 år).

Tabell 4. Klimatpåverkan i de olika kategorierna för referensscenariot.

GWP 100	33,5	kg CO ₂ -ekv
GWP 20	36,2	kg CO ₂ -ekv
GTP 100	32,1	kg CO ₂ -ekv
GTP 20	35,3	kg CO ₂ -ekv

I referensscenariot utgjorde ballastproduktionen 4,2 kg CO₂-ekv. Sprängmedlet hade det största bidraget till klimatförändringarna och stod för 35 % av utsläppen av växthusgaser (Figur 8). Den dieseldrivna krossen, samt transporten till asfaltverket och transporten inom krossverken utgjorde de näst högst bidragen till klimatpåverkan och stod för 18, 14 respektive 11 % av växthusgasutsläppen.



Figur 8. Klimatpåverkan från olika moment i framtagningen av ballast i dagsläget, referensscenariot.

Beroende på typ av framställning varierar utsläppen av växthusgaser per ton asfalt. För referensscenariot var utsläppet 33,5 kg CO₂-ekv per ton asfalt och för scenario 2 var utsläppet 17 kg CO₂-ekv per ton asfalt, för scenario 3a 25,6 kg CO₂-ekv per ton asfalt och för scenario 3b 25,8 kg CO₂-ekv per ton asfalt (Tabell 5).

Tabell 5. Klimatpåverkan för produktion av ett ton asfalt för referensscenariot, scenario 2 och scenario 3a och 3b.

Referensscenariot	Scenario 2	Scenario 3a	Scenario 3b
33,5 kg CO ₂ -ekv	17,0 kg CO ₂ -ekv	25,6 kg CO ₂ -ekv	25,8 kg CO ₂ -ekv

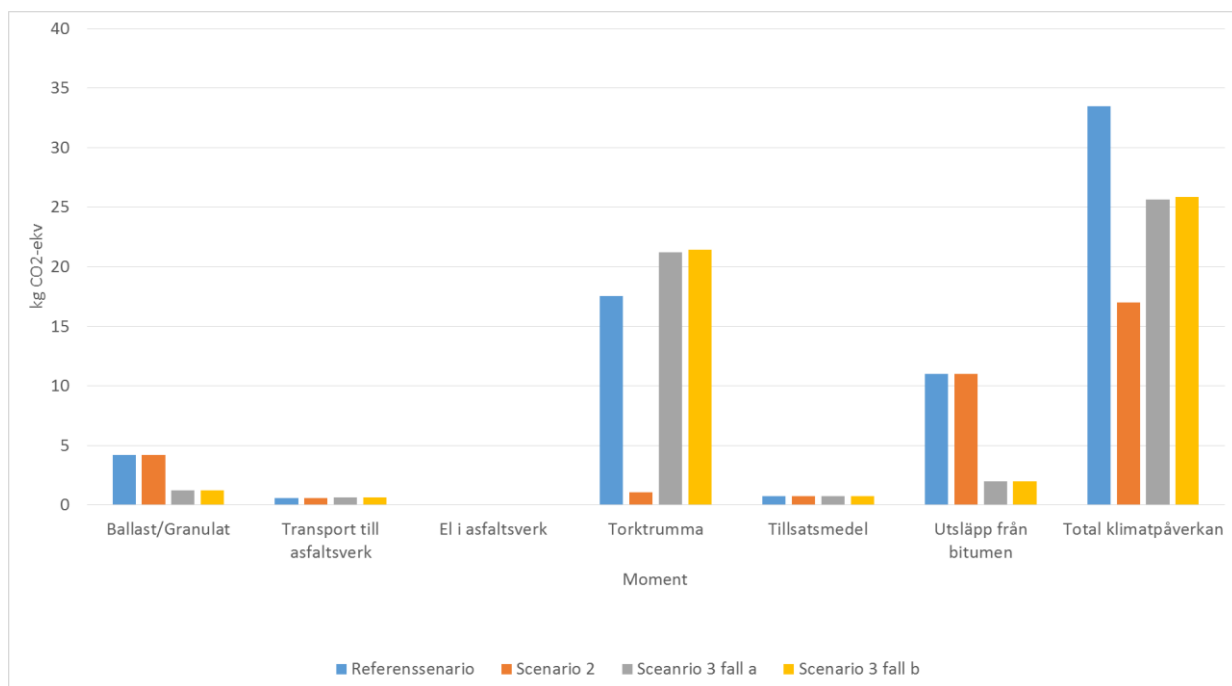
För referensscenariot och scenario 3a och 3b utgjorde bränsleanvändningen i stentrumman respektive parallelltrumman de största bidragen till klimatpåverkan (Tabell 6). Parallelltrumman i scenario 3 genererade mer utsläpp av kg CO₂-ekv än stentrumman i referensscenariot (Figur 9). I scenario 2 utgjorde användningen av bitumen det högsta bidraget till klimatpåverkan (Tabell 6, Figur 9).

Absoluta utsläppen från transporten till asfaltverket, elen i asfaltverket och från användningen av tillsatsmedel var densamma i samtliga scenarier (Figur 9). Elanvändningen i asfaltverket utgjorde lägst klimatpåverkan, omkring 0 %, i

samtliga scenarier (Tabell 6). Bidraget från användningen av bitumen var högre i både referensscenariot och scenario 2 än för båda fallen i scenario 3 (Tabell 6, Figur 9). Detta eftersom mindre mängd bitumen tillsattes i scenario 3.

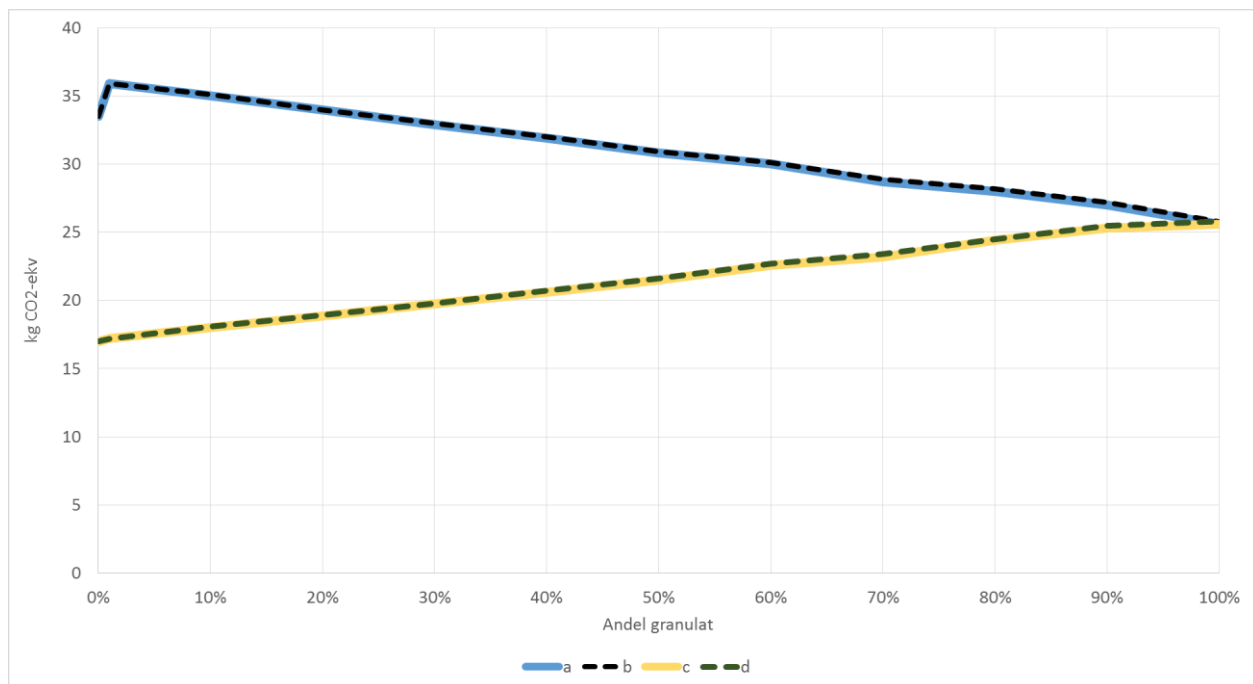
Tabell 6. Procentuell klimatpåverkan för olika moment i asfaltproduktionen för referensscenariot samt scenario 2, 3a och 3b. Torkningsprocessen genererade mest utsläpp av växthusgaser för referensscenariot samt för scenario 3a och b. För scenario 2 stod bitumen för det högsta bidraget till klimatpåverkan.

	Referensscenario	Scenario 2	Scenario 3a	Scenario 3b
Ballast	10,7 %	21,0 %	-	-
Granulat	-	-	6,1 %	6,0 %
Transport till asfaltverk	1,8 %	3,6 %	2,4 %	2,4 %
El	0,2 %	0,4 %	0,3 %	0,3 %
Stentrumma	52,3 %	6,2 %	-	-
Parallelltrumma	-	-	80,9 %	81,0 %
Tillsatsmedel	2,2 %	4,2 %	2,8 %	2,7 %
Bitumen	32,8 %	64,6 %	7,6 %	7,5 %



Figur 9. Klimatpåverkan för referensscenario samt scenario 2 och 3. Användning av träbränsle i scenario 2 leder till ett betydligt lägre utsläpp av växthusgaser från torkningsprocessen än vad gasol (referensscenario och scenario 3 fall b) och EO1 (scenario 3 fall a) genererar. Referensscenariot leder till högst utsläpp av växthusgaser, scenario 2 leder till lägst utsläpp av växthusgaser.

I scenario 4 studerades hur ökad inblandning av asfaltgranulat påverkar utsläppet av växthusgaser i kombination med olika bränsle i stentrumman respektive parallelltrumman. För fall a och b, med gasol i stentrumman, blev resultaten nästintill identiska. Detsamma gällde fall c och d, vilka modellerades med träpulver i stentrumman (Figur 10). I scenario 4a och b ökade klimatpåverkan till en början till följd av att det krävs mindre mängd bränsle då endast en torktrumma används. Efter 14 % inblandning av asfaltgranulat reducerades dock utsläppen växthusgaser. Vinster i form av reducerade utsläpp nåddes inte förrän vid cirka 25 % inblandning. I scenario 4c och d ökade klimatpåverkan med en högre inblandning av asfaltgranulat. Vid 100 % inblandning av granulat (ingen jungfruligt ballast tillsattes) används inte stentrumman och klimatpåverkan blev då densamma som i scenario 3a och b.

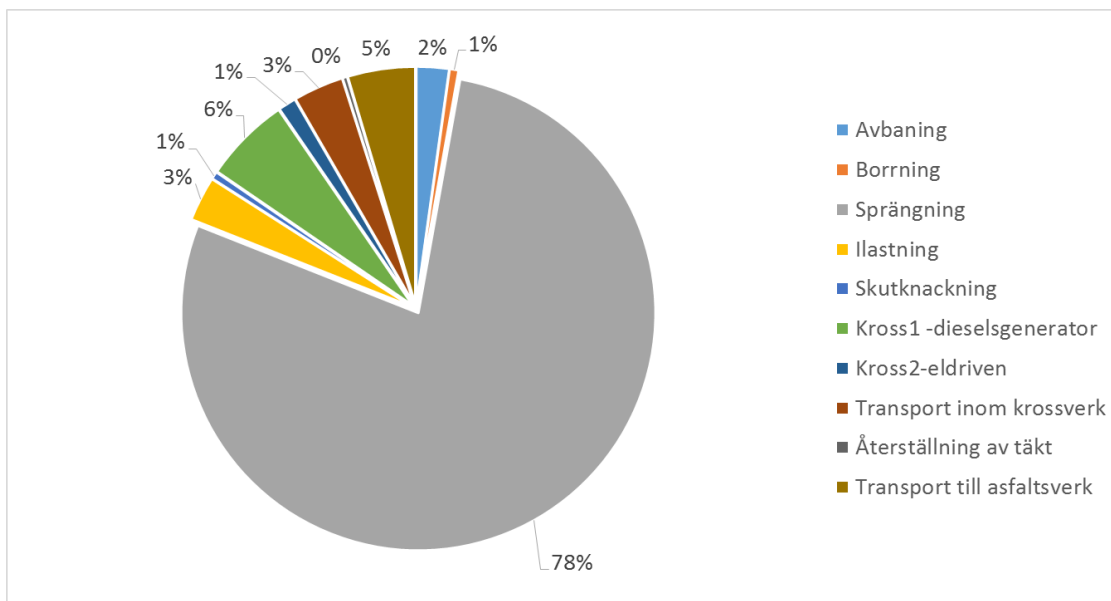


Figur 10. Klimatpåverkan per ton producerad asfalt förändrades med ökad inblandning av granulat. I scenario 4a och b, samt i scenario 4c och d, överlappade resultaten varandra. För fall a och b ökade utsläppen av växthusgaser till en början vid tillsättning av granulat till följd av att en till torktrumma användes. Därefter minskade klimatpåverkan för fall a och b när tillsättningen av granulat ökade. Efter cirka 25 % inblandning av granulat blev klimatpåverkan lägre än för 0 % inblandning av granulat i fall a och b. För fall c och d ökade växthusgasutsläppen då inblandningen av granulat ökade.

5.2 Nya bränslen i ballastproduktionen

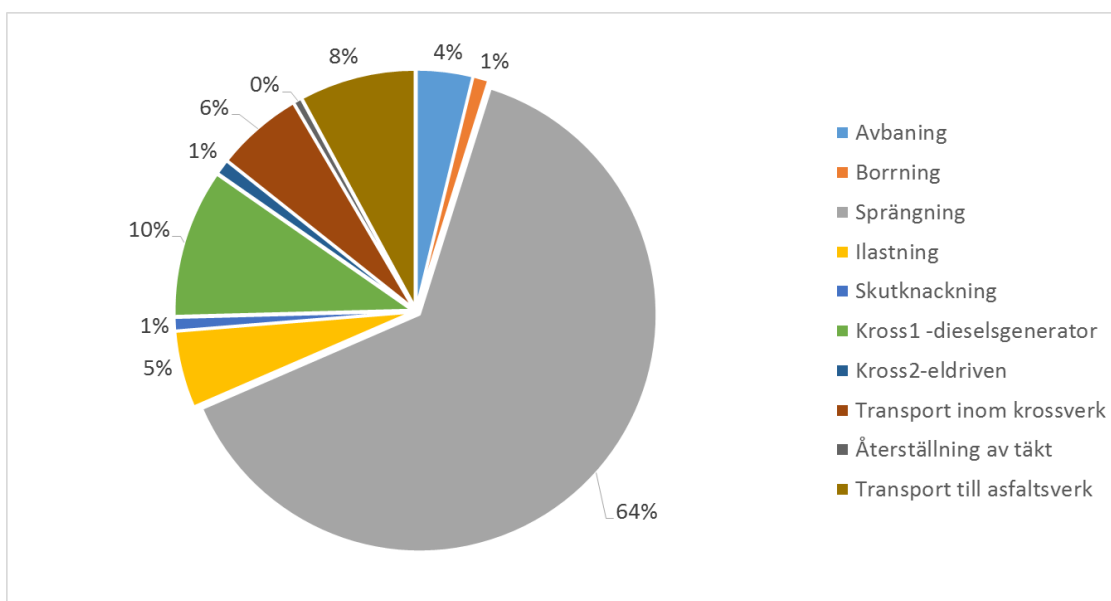
I scenario 5 undersöktes hur klimatpåverkan från ballastproduktionen förändrades med andra bränslen i arbetsmaskinerna. Precis som i referensscenariot utgjorde användandet av sprängmedel det största bidraget till klimatpåverkan från ballastproduktionen även i scenario 5a, b, c, d, och e (Figur 11-15). Bidraget av utsläppet från sprängmedel i ballastproduktionen stod för 78 % i scenario 5a, 64 % i scenario 5b, 48 % i scenario 5c, 85 % i scenario 5d, och 98 % i scenario 5e.

Klimatpåverkan skulle reduceras mer om den idag använda dieseln ersattes med HVO (scenario 5a) än om den skulle ersättas med RME, scenario 5b. Scenario 5a hade en total klimatpåverkan av 31,2 kg CO2-ekv per ton asfalt vilket innebar 6,9 % minskning av växthusgaser per ton asfalt och 55 % minskning från ballasten (Tabell 7). De näst största utsläppsmomenten i scenario 5a utgjordes av det dieseldrivna krossverket som stod för 6 % av utsläppen av växthusgaser och transporten till asfaltverket som stod för 5 % (Figur 11).



Figur 11. Klimatpåverkan från de olika momenten i framtagningen av ballasten för scenario 5a.

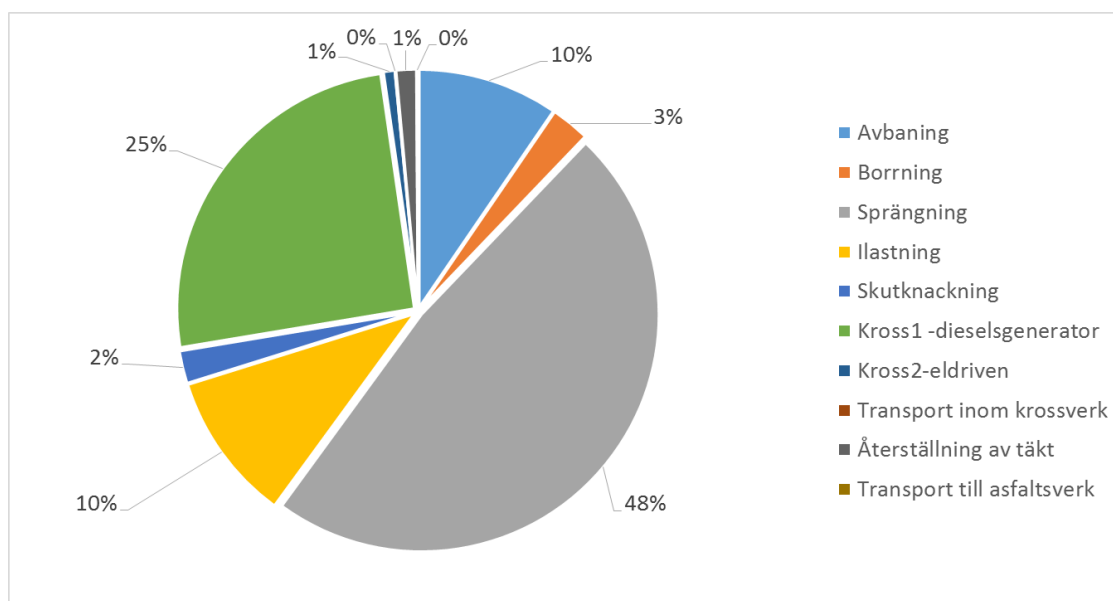
Den totala klimatpåverkan för scenario 5b var 31,6 kg CO₂-ekv per ton asfalt vilket var en minskning av 5,7 % (Tabell 7). Även i scenario 5b utgjorde det dieseldrivna krossverket, transporten till asfaltsverket de näst största bidragen av växthusgasutsläppen och stod för 10 % respektive 5 % (Figur 12).



Figur 12. Klimatpåverkan från de olika momenten i framtagningen av ballasten för scenario 5b

Lägst reduktion av växthusgaser genererades i scenario 5c som resulterade i 32,3 kg CO₂-ekv per ton asfalt. Minskningen var 3,6 % (Tabell 7). I scenario 5c var bidraget av växthusgasutsläpp från det dieseldrivna krossverket högre än i övriga scenarier och utgjorde 25 % av utsläppen från ballasten (Figur 13). Ilastningen och

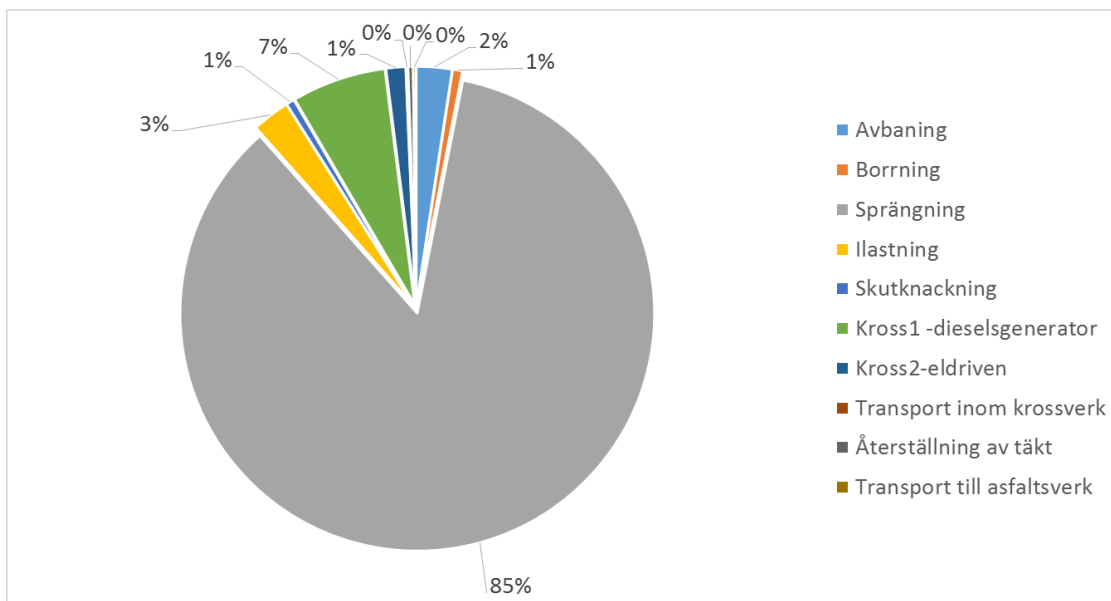
avbaningen utgjorde 10 % vardera. Totalt minskade utsläppen från ballastproduktionen med 29 %.



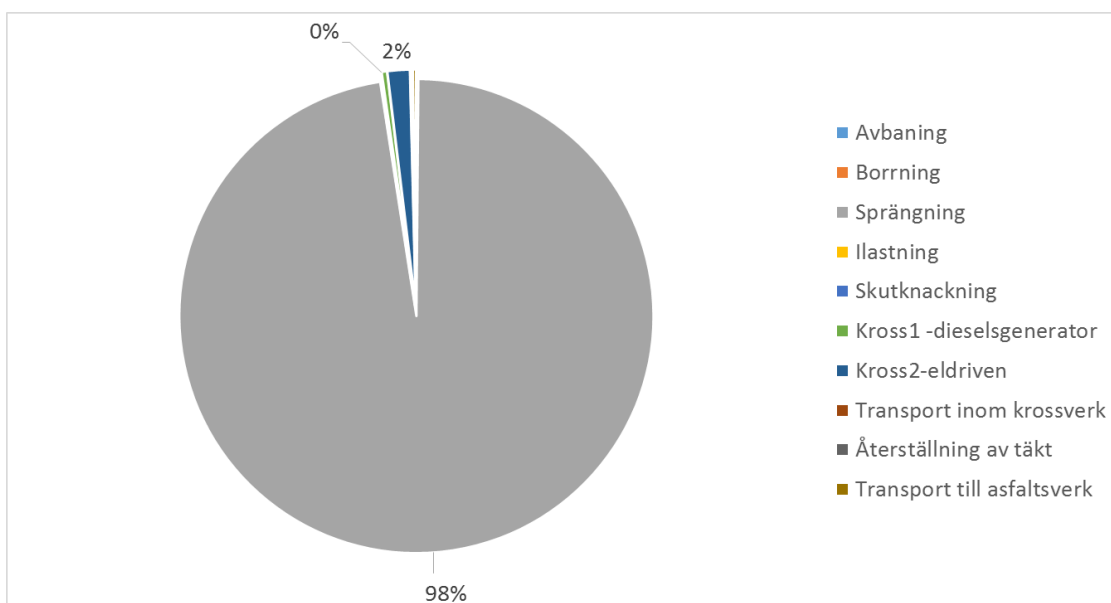
Figur 13. Klimatpåverkan från de olika momenten i framtagningen av ballasten för scenario 5c.

I scenario 5d skedde elektrifiering och hybridisering i samma moment som i scenario 5c. All diesel ersattes med HVO eftersom HVO hade resulterat i lägre klimatpåverkan än RME, sett utifrån att scenario 5a gav lägre utsläpp än scenario 5b. Scenario 5d resulterade i klimatpåverkan av 31 kg CO₂-ekv per ton asfalt (Tabell 7). Det innebar en 7,5 % minskning av klimatpåverkan. Ballastens klimatpåverkan minskade med 60 %. De näst största bidragen till totala växthusgasutsläppen genererades av det dieseldrivna krossverket och ilastningen som stod för 7 % respektive 3 % (Figur 14).

I scenario 5e, där samtliga moment elektrifierades, reducerades växthusgasutsläppen som mest och minskade med 8,1 % för ett ton asfalt (Tabell 7). Scenario 5e hade också högst reducering av växthusgasutsläpp vid framtagningen av ballast, vilka minskade med 64 %. I fall e bidrog sprängmedlet med 98 % av växthusgasutsläppen (Figur 15).



Figur 14. Klimatpåverkan från de olika momenten i framtagningen av ballasten för scenario 5d.



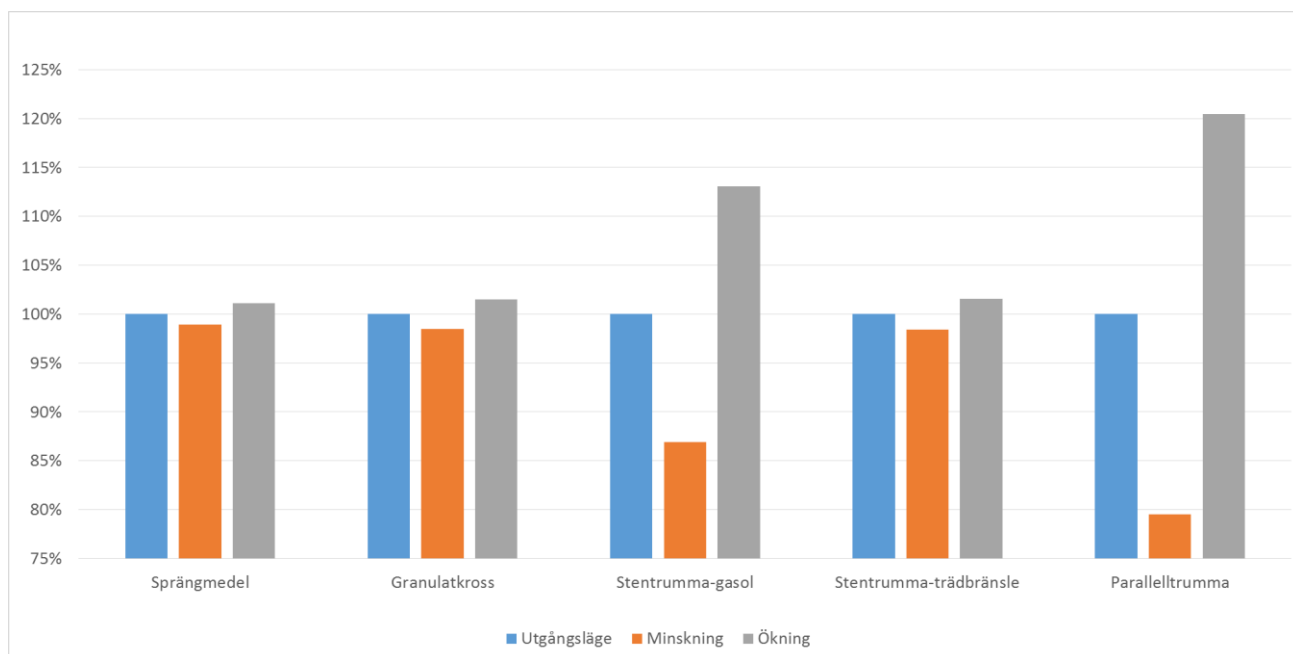
Figur 15. Klimatpåverkan från de olika momenten i framtagningen av ballasten för scenario 5e.

Tabell 7. Klimatpåverkan för ett ton asfalt och procentuell reducering av klimatpåverkan enligt scenario 5 a, b, c, d och e.

Fall	a	b	c	d	e
Klimatpåverkan för ett ton asfalt [kg CO₂-ekv/ton asfalt]	31,2	31,6	32,3	31,0	30,8
Procentuell minskning för klimatpåverkan för asfaltproduktionen (jämfört med referensscenariot)	6,9 %	5,7 %	3,6 %	7,5 %	8,1 %
Procentuell minskning för klimatpåverkan från ballastproduktionen	55 %	45 %	29 %	60 %	64 %

5.3 Känslighetsanalys

Den totala klimatpåverkan för ett ton asfalt förändrades något då de olika momentens material- eller energiförbrukning förändrades. Störst inverkan hade en förändring av mängden EO1 i parallelltrumman som med en 25 % ökning respektive minskning skulle resultera i drygt 20 % förändring av växthusgasutsläpp. Känslighetsanalysen visade också att klimatpåverkan är betydligt mer känslig för förändrad produktion i stentrumman då gasol används som bränsle än då träpulver används. Ökad respektive minskad användning av gasol innebar ökad respektive minskad klimatpåverkan med drygt 13 %. I ballastproduktionen innebar förändringen av mängden sprängmedel upp till 1 % förändring av växthusgasutsläpp. Förändrad energiförbrukning av krossningen av granulat resulterade också i knappt 2 % ökning respektive minskning av växthusgasutsläpp. Resultatet av känslighetsanalysen visar att utsläppen av växthusgaser är relativt okänsligt för förändring av samtliga undersökta parametrar förutom energiförbrukningen i torktrummorna. De moment vars förändring resulterade till en ökning över 1 % redovisas i Figur 16.

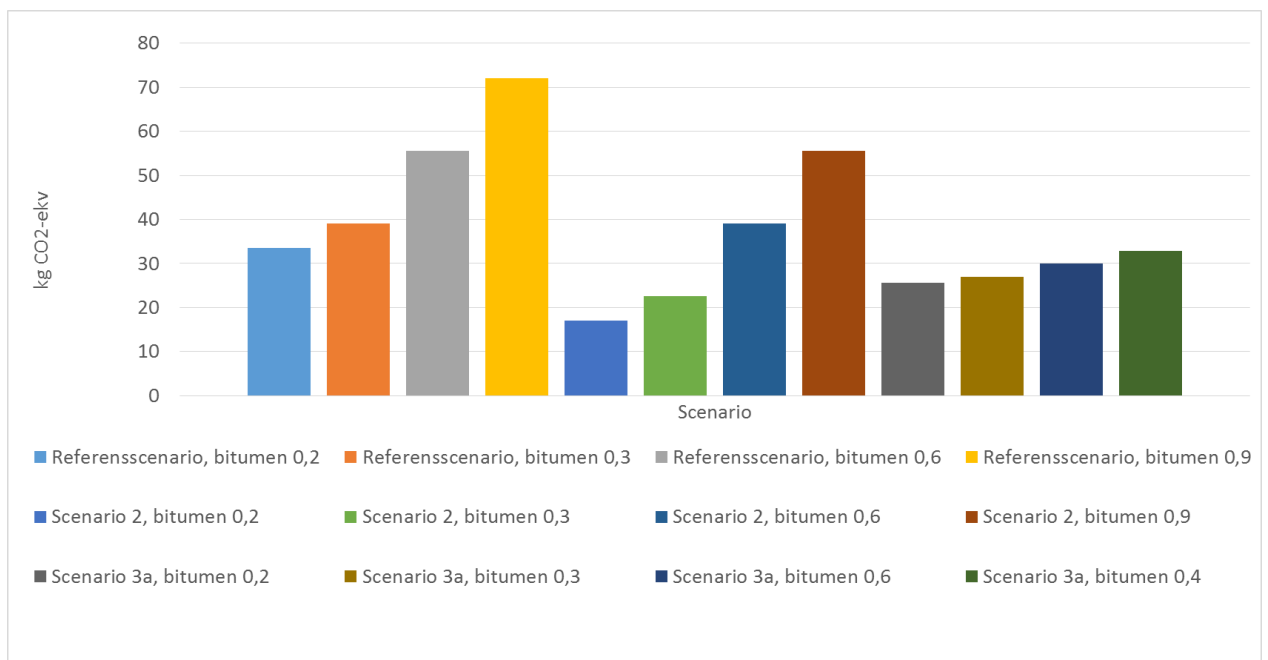


Figur 16. Förändringen för den totala klimatpåverkan för ett ton asfalt då momentens förbrukning varierade i referensscenariot (sprängmedel, stentrumma – gasol) scenario 2 (stentrumma-trädbränsle) och scenario 3 (granulatkross, parallelltrumma).

5.4 Osäkerhetsanalys

Vilket utsläppsvärde för bitumen (kg CO₂-ekv/kg bitumen) som används har stor inverkan för resultatet av asfaltens klimatpåverkan (Figur 17). Då skillnaden mellan scenario 3a och b var marginell visas endast resultatet från scenario 3a. Större mängd bitumen tillsattes i referensscenariot och scenario 2 än i scenario 3. Det medför att scenario 1 och 2 är känsliga till ändrad klimatpåverkan för bitumen.

Då utsläppsvärdet för bitumen var 0,6 kg CO₂-ekv/kg bitumen och högre fick scenario 2 högre klimatpåverkan än scenario 3 (Figur 17). Klimatpåverkan från ett ton asfalt för scenario 3 med värdet 0,6 kg CO₂-ekv/kg bitumen var drygt 9 kg CO₂-ekv lägre än för scenario 2 med samma utsläppsvärde för bitumen. Klimatpåverkan från ett ton asfalt för scenario 3 med värdet 0,3 kg CO₂-ekv/kg bitumen var 4,5 kg CO₂-ekv högre än för scenario 2 med samma utsläppsvärde för bitumen. 0,9 kg CO₂-ekv/kg bitumen modellerat i referensscenariot resulterade i det högsta värdet för klimatpåverkan som steg till 72 kg CO₂-ekv/ton asfalt vilket var en ökning av 115 % från det ursprungliga referensscenariot.



Figur 17. Förändring av klimatpåverkan för ett ton asfalt då olika värden för växthusgasutsläpp från bitumen (produktion och distribution) studerats. Bitumen 0,2/0,3/0,6/0,9 indikerar det använda värdet i kg CO₂-ekv för ett kilo bitumen. Osäkerhetsanalysen studerades för referensscenariot samt scenario 2 och 3. Ökat värde i kg CO₂-ekv för ett kilo bitumen hade störst inverkan för den totala klimatpåverkan för asfalten för referensscenariot och scenario 2 eftersom större mängd bitumen tillsätts i dessa scenarier.

5.5 Masshantering i offentlig sektor

Här följer en sammanställning från intervjuerna som genomfördes i studien. Kommunerna som ställde upp på intervju var Danderyd, Knivsta, Stockholms stad, Sundbyberg, Uppsala, Upplands Väsby och Vallentuna, och de intervjuade hade olika befattningar och tillhörde olika enheter. Övriga kommuner som kontaktades gick inte att genomföra intervju med. Några med anledning av att de inte arbetar med dessa frågor. Andra kommuner hänvisade istället till avfallsbolaget Sörab. Av den anledningen genomfördes även en intervju med det företaget.

Trafikverket intervjuades också. Ingen intervju kunde genomföras med länsstyrelsen i Stockholm eller i Uppsala. Där framgick det dock av en av parterna att de inte arbetar med dessa typer av frågor.

De flesta av de intervjuade uttryckte att det varken fanns ett tydligt mål för återvinning eller återanvändning av asfalt och schaktmassor. Flera av kommunerna sa att hanteringen av materialen ingår i flera andra nationella miljömål som de arbetar mot bland annat Giftfri miljö samt God bebyggelse där både arbete för hushållning med energi och naturresurser samt hållbar avfallshantering ingår. Två av de intervjuade sa att målet är en bättre planering för att öka återvinningen. En annan kommun uttryckte att det finns ett gemensamt mål för schaktmassor för flera kommuner i Stockholms län. Dessa hade en gemensam avfallsplan som tagits fram av Sörab. Sörab är ett avfallsbolag som samägs av flera kommuner i norra Stockholm. Ett av målen i avfallsplanen har varit att arbeta för en bättre hantering samt kartläggning av mängden schaktmassor inom kommunerna. Detta var ett mål till år 2012. Då det inte uppfylldes förlängdes det till år 2016. Sörab följer idag upp målet.

De flesta intervjuade var överens om att de strävar efter massbalans mellan olika exploateringsprojekt så att överskottsmassor som uppkommer i ett projekt kan användas i ett annat projekt där det finns behov av schaktmassorna. För att det ska lyckas ansåg intervjuobjekten att det krävs ett större samarbete mellan olika enheter inom kommunerna. Flera tillfrågade nämnde även att masshantering inte var någon prioriterad fråga inom kommunen. De sa att de själva upplevde problem med masshanteringen och att något måste göras. Vidare berättade de att frågan var svår att driva och att frågan skulle behöva lyftas till en högre nivå inom kommunerna. Samtidigt var de flesta intervjuobjekten överens om att ansvaret för hanteringen av schaktmassorna till stor del låg hos entreprenadföretagen. De ansåg att det var deras ansvar att ta hand om schaktmassorna samtidigt som det är en resurs för företagen.

Utifrån intervjuerna visade det sig att drivkraften att öka återvinningen och återanvändningen varierade mellan kommunerna. Det var tydligt att det inom vissa kommuner fanns en större drivkraft att arbeta med schaktmassor än med asfalt, även om flera inte såg det som en fråga specifik för schaktmassor, utan snarare ingående

i hur man övergripande vill arbeta för att nå miljömålen. En del intervjuade påpekade att det även var en ekonomisk fråga. Vissa av de intervjuade berättade att tanken om återvinning fanns med hela tiden och att kommunerna skulle behöva hitta nya möjligheter med återanvändningen. Vidare sa en av de tillfrågade att i det i dennes kommun fanns hög drivkraft att förbättra möjligheten till ökad återanvändning. Samma person berättade även att kommunen ville arbeta på ett nytt sätt med tidspecifika platser för mellanlagring, i fem till tio år, och att de därefter skulle vara bestämt vad platsen skulle användas till. Flera intervjuobjekt hade en positiv inställning till mellanlagring eller masshanteringsstationer i sin kommun. Frågan var dock inte aktuell i dagsläget. En tillfrågad nämnde att man såg en risk med platser för mellanlagring i kommunen då det skulle kunna innebära ökade transporter från andra kommuner. En intervjuad ansåg att drivkraften inom kommunen är förvånansvärt låg, samt att problemet faller mellan stolarna eftersom det inte fanns någon ansvarig för frågan.

Den intervjuade från Trafikverket berättade att det fanns en drivkraft för ökad återanvändning av schaktmassor. De upplevde idag ett väldigt stort problem med överskottsmassor. Enligt trafikverket har avfallslagstiftningen gjort det svårare att både återanvända schaktmassor och att återvinna asfalt. Detta speciellt då returafalten tolkas som avfall medan den i andra sammanhang anses vara en resurs. Trafikverket var positivt inställda till ökad inblandning av granulat i asfalten, men de ansåg att det var producentens ansvar att kvalitén hos asfalten inte skulle försämrats.

Ingen av de tillfrågade kände till vilken omsättning de hade av schaktmassor, nu eller i ett framtidsperspektiv. Samtliga var överens om att det rörde sig om väldigt stora mängder. Specifik information om mängden schaktmassor erhöles från ett specifikt bostadsprojekt. Även angående andelen som gick till deponi respektive återanvändes saknades information. I en del projekt kunde hundra procent av schaktmassorna hamna på deponi enligt en av de tillfrågade. En av de intervjuade erhöles mängden asfalt som produceras per år och trodde även att mängden skulle öka de kommande åren.

I flera kommuner fanns stationer där viss hantering av schaktmassor kunde äga rum. Vissa av dessa skulle dock läggas ner samtidigt som andra hade nått sin maximala mottagningskapacitet. De flesta av de intervjuade var överens om att det fanns behov av platser där schaktmassor kan mellanlagras. Flera intervjuade var positiva till sådana ytor inom sina kommungränser för att det skulle minska utsläpp från transporter.

5.6 Klimatpåverkan i Uppsala och Stockholms län från asfaltproduktion och hantering av schaktmassor

Den beräknade mängden slitlager som förväntas behöva bytas inom en tioårsperiod i Stockholm och Uppsala län uppgick till 2,1 respektive 2,3 miljoner ton. Om årsproduktionen i Sverige fortsätter att vara 7,5 miljoner ton asfalt skulle det i genomsnitt motsvara 6 % av årsproduktionen per år.

Skulle denna produktion ske enligt referensscenariot skulle det resultera i 148 300 ton CO₂-ekv. Skulle produktionen ske enligt scenario 2 skulle utsläppen istället bli 75 300 ton CO₂-ekv. Utifall produktionen av asfalten skulle ske med endast återvinning, scenario 3a, skulle det resultera i 93 900 ton CO₂-ekv. Dessa utsläpp skulle för referensscenariot, scenario 2 och scenario 3a motsvara 0,2 %, 0,1 % respektive 0,1 % av Stockholms och Uppsala läns utsläpp av växthusgaser för en tioårsperiod.

Asfaltproduktion till följd av ökad befolkningstillväxt gav ett behov av cirka 19 miljoner ton asfalt i Stockholms län och cirka 3 miljoner ton i Uppsala län inom en tioårsperiod. Om årsproduktionen i Sverige fortsätter att vara 7,5 miljoner ton asfalt skulle det i genomsnitt motsvara 30 % av årsproduktionen per år.

Om denna produktion sker enligt referensscenariot skulle det resultera i 726 200 ton CO₂-ekv. Detta skulle motsvara 1,1 % av tio års växthusgasutsläpp i Stockholms och Uppsala län. Skulle produktionen ske enligt scenario 2 skulle utsläppen istället bli 368 500 ton CO₂-ekv, vilket istället motsvarar 0,6 %. Utifall produktionen av asfalten skulle ske med endast återvinning, scenario 3a, resulterar det istället i 555 000 ton CO₂-ekv vilket motsvarar 0,8 % av länens växthusgasutsläpp under en tioårsperiod.

Till följd av ökad befolkning i länen skulle drygt 220 600 nya bostäder behöva byggas. Detta skulle resultera i nästan 44 miljoner ton schaktmassor. Transporten genererar ett utsläpp av 0,079 kg CO₂-ekv per tonkm. Transporteras samtliga massor 3-8 mil genererar det utsläpp från 103 500 till 276 100 ton CO₂-ekvivalenter. Detta skulle motsvara 0,15-0,41 % av växthusgasutsläppen i Stockholm och Uppsala län under en tioårsperiod. Med förkortade transportsträckor av schaktmassorna skulle utsläppen kunna minska betydligt. Om samtliga schaktmassors transport skulle minska med 1 mil skulle klimatpåverkan motsvarande 0,05 % av länens växthusgasutsläpp kunna reduceras.

6. Diskussion och slutsats

6.1 Återvunnen respektive jungfrulig asfalt

Beroende på vilken typ av bränsle som användes i stentrumman ledde en ökad mängd granulat till antingen reduktion eller ökning av växthusgasutsläpp. Utan hänsyn till indirekta effekter fick processen lägst klimatpåverkan om produktionen skedde enligt scenario 2, träpulver i stentrumman, då inget granulat tillsattes. Då största delen av tillverkningen år 2016 skedde enligt scenario 4a, gasol i stentrumman och med inblandning av granulat, skulle enligt denna studie högre inblandning av granulat reducera växthusgasutsläppen. Detta skulle dock endast gälla vid inblandning högre än cirka 25 %. Att använda träpulver i produktionen med återvinning skulle innebära ytterligare reduktion av växthusgasutsläpp. Ur ett hållbarhetsperspektiv skulle det dock kunna vara bättre att blanda in returafalt i asfalttillverkningen eftersom det skulle minska utvinningen av råmaterial både i form av olja till bitumen samt bergmaterial.

Då tillstånd behövs för nya bergtäkter, vilket ofta är svårt att få, kan ökad återvinning leda till att behovet av asfalt kan tillgodoses utan att nya tillstånd behövs sökas. Genom återvinning minskas också andelen som går på deponi och hjälper Skanska öka användningen av återvunna material. Om jungfrulig ballast transporteras från andra platser skulle även klimatpåverkan för den jungfruliga asfalten öka.

Utifrån resultaten i scenario 3 fall a och b skulle ett byte till gasol i parallelltrumman inte vara gynnsamt i syfte att sänka utsläppen av växthusgaser. Skillnaden mellan att använda gasol eller EO1 i parallelltrumman var marginell.

6.1.1 Bitumens betydelse

Det framgick av osäkerhetsanalysen att det använda utsläppsvärdet för bitumen har stor inverkan för asfaltens klimatpåverkan. Ökat värde av CO₂-ekv/kg bitumen kan leda till att det är mer klimatvänligt med 100 % återvinning av asfalt (scenario 3) än att framställa jungfrulig asfalt med träpulver i stentrumman (scenario 2).

Eftersom det enligt Erlandsson (2010b) finns studier som anger olika värden för klimatpåverkan för bitumen är det svårt att veta vilket värde som är det mest representant. Värdet som har använts i denna studie är betydligt lägre än de värden som Erlandsson (2010b) anger. I denna rapport har beräkning av klimatpåverkan för bitumen tagits fram utifrån rekommendationer från en bitumenleverantör. Trafikverket (2016) använder samma källa för att beräkna klimatpåverkan för olika byggnationer av infrastrukturen.

6.2 Nya drivmedel i ballastproduktionen

Utsläppen av växthusgaser kan reduceras om drivmedel som har lägre klimatpåverkan än diesel används i ballastproduktionen. Högst minskning av CO₂-ekv per ton asfalt nåddes i scenario 5e, då samtliga moment i produktionen fram till asfaltverket elektrifierades. Denna reduktion ledde totalt till drygt 8 % minskning av växthusgasutsläpp för ett ton asfalt. Då ballast kan ha andra syften än att användas till asfaltproduktion kan elektrifieringen få en större innebörd. Scenario 5e tycks dock inte troligt inom en snar framtid eftersom det antagligen skulle krävas lång tid av forskning för att samtliga maskiner som används i scenario 5e skall kunna elektrifieras.

Scenario 5d, där en del moment elektrifierades och samtlig diesel byttes mot HVO, resulterade i den näst högsta minskningen av växthusgasutsläpp. Klimatpåverkan i scenario 5d kunde reduceras med 7,5 %. Detta scenario kan anses troligare inom en snar framtid än scenario 5e. Idag sker forskning för hybridisering av hjullastare samt elektrifiering av dumpers samtidigt som HVO redan finns på marknaden. Det minst växthusgasreducerande bränslebytescenariot var scenario 5c. Istället för att investera i hybrida hjullastare eller elektrifierade dumpers (scenario 5c) skulle det vara mer klimativänligt att endast byta ut bränslet i de befintliga maskinerna (scenario 5a och 5b). Scenario 5a, där all diesel byttes mot HVO, minskade utsläppen mer än scenario 5b, där all diesel byttes mot RME. Den totala skillnaden av reduktionen för ett ton asfalt mellan scenario 5a och 5b var dock endast 1,2 %. Om det skulle bli brist på HVO som framställts hållbart skulle RME kunna användas i scenario 5d istället för HVO och fortfarande sänka utsläppen mer än i scenario 5c.

6.3 Framtida klimatpåverkan i Stockholm och Uppsala län

Det är svårt att förutspå vilka mängder asfalt och schaktmassor som kommer behöva produceras respektive transporteras i framtiden. Om mängden asfalt som årligen produceras i Sverige fortsätter att vara 7,5 miljoner ton per år skulle mängden som i studien beräknas behövas till slitlager i Stockholm och Uppsala län i genomsnitt utgöra 6 % av Sveriges produktion. Skulle mängden istället baseras på asfaltbehovet till följd av befolkningsökning skulle det i genomsnitt istället motsvara cirka 30 % av produktionen. Ett samband finns mellan ökad befolkning och nya vägar enligt Glover & Donald (1975), men det är svårt att vet hur sambandet ser ut. Sverige har trots ökad befolkning i flera år producerat cirka 7,5 miljoner ton per år. Det uppskattade värdet för nytt slitlager som skulle behövas i länen inom en tioårsperiod är förmodligen för lågt för att representera det totala asfaltbehovet. Mer asfalt kommer antagligen behövas till nya vägar samt andra asfalterade ytor. Samtidigt är Stockholm och Uppsala de län som beräknas växa mest vilket också gör att 6 % av den totala mängden i Sverige kan anses vara låg. Sverige består av 21 län vilket betyder att 6 % skulle motsvara en lägre förbrukning än genomsnittet. Mängden

schaktmassor som kommer att omsättas i verkligheten är troligtvis betydligt högre än de uppskattade värdena eftersom denna studie endast tog hänsyn till nya bostäder, och inte inkluderade schaktmassor som uppstår i andra projekt.

Från de intervjuer som genomfördes framgick det att varken hanteringen av schaktmassor eller återvinningen av asfalt var prioriterade frågor hos kommunerna. Att en del intervjuer inte kunde genomföras på grund av att inget svar erhöles gav också en indikation på att frågor kring asfaltsåtervinning och hantering av schaktmassor inte var prioriterade. Att frågorna inte var prioriterade hos kommun eller länsstyrelse tycks ha flera orsaker, dels ansåg många av de tillfrågade att miljöpåverkan från hanteringen av asfalt och schaktmassor är företagets ansvar. En annan orsak var att frågorna inte låg hos någon bestämd enhet på kommunerna. Hos Trafikverket fanns ett stort intresse för både återanvändning av schaktmassor och ökad återvinning av asfalt. För att arbeta för klimatvänligare hantering av schaktmassor måste frågan antagligen lyftas till högre positioner inom den offentliga sektorn, så att utsläppen till följd av transporterna uppmärksammas. Det skulle möjliggöra att anläggningar för masshantering inkluderades i kommuners översiktsplaner, vilket skulle göra det enklare för entreprenadföretagen att minska transporterna.

Från Trafikverkets sida fanns en önskan att se högre mängd granulat i asfalt i framtiden. Producenten måste dock ansvara för att det inte försämrar kvalitén hos asfalten. Om asfalt med högre andel granulat inte gynnas i upphandlingar kan det vara svårt att motivera tillverkare att bedriva nödvändig forskning. God kvalitet med högre andel granulat i asfaltmassan borde inte vara problematisk. Flera exempel på vägar som består av upp till 100 % återvunnen asfalt finns redan. Åldringen av bitumen ansågs vara den största risken med en ökad inblandning av granulat. Det pågår forskning för att motverka åldringen. Det kan leda till att mängden granulat i asfalten ökar. Om det förnyngsmedel som används för att motverka åldring av bitumen skulle framställas av restprodukter, exempelvis matavfall, skulle även förnyngsmedlet ha låg klimatpåverkan. Asfaltmassan i Japan består i genomsnitt av en betydligt högre mängd granulat än vad asfaltmassan i Sverige gör. Det tyder på att det borde vara möjligt med en högre inblandning av granulat, över 25 %, även i Stockholm och Uppsala län.

Då det inte går att säkert bestämma vilken mängd asfalt och schaktmassor som kommer behövas i Stockholms och Uppsala län är det svårt att bestämma vilka mängder växthusgaser som kan sparas på grund av förändrad asfaltproduktion eller kortare avstånd för transport av schaktmassor. Beroende av den mängd asfalt som produceras de kommande tio åren och hur asfalten produceras kan den komma att utgöra 0,1-1,1 % av länens totala växthusgasutsläpp för tio år. Produceras mängden genom scenario 2 kan nästan 50 % av utsläppen reduceras jämfört med produktion enligt referensscenariot.

Flera stationer som använts till hanteringen av schaktmassor hade nått full kapacitet då studien genomfördes. Det kommer därför behövas fler ytor för masshantering. Deras placering i förhållande till anläggningsarbetena där schaktmassorna uppstår har stor inverkan på mängden växthusgaser som genereras vid transporter. Genom att problemen med utsläppen till följd av transport av schaktmassor lyfts skulle det kunna leda till att kommun och länsstyrelse arbetar för att stationerna placeras närmare exploateringsplatser. Om samtliga schaktmassors transport skulle minska med 1 mil skulle klimatpåverkan motsvarande 0,1 % av länens växthusgasutsläpp reduceras.

6.4 Slutsats

Resultaten i denna studie indikerade att det bästa sättet att minska utsläppen från asfaltproduktionen är att endast använda jungfrulig ballast som värms upp med hjälp av trädbränsle, då det scenariot resulterade i lägst utsläpp av växthusgaser. Ur ett hållbarhetsperspektiv kan det dock vara bättre att blanda in retur-asfalt i asfalttillverkningen eftersom det skulle minska utvinningen av råmaterial både i form av olja till bitumen samt bergmaterial.

Ingen garanti finns i mängden asfalt som kommer behöva produceras inom en tioårsperiod i Stockholm eller Uppsala län. Uppgår mängden till det som uppskattades i denna studie, 4,4-22 miljoner ton asfalt, skulle det kunna resultera i växthusgasutsläpp motsvarande 0,1-1,1 % av länens årliga växthusgasutsläpp.

Frågor kring asfaltåtervinning eller hantering av schaktmassor tycks inte vara prioriterade i Stockholm eller Uppsala län. Ansvar anses främst ligga hos entreprenadföretagen. Flera inom den offentliga sektorn ser ett problem med mängden uppkomna schaktmassor och att problemet kan bli värre i framtiden i och med att flera stationer som har tillstånd att ta emot schaktmassor nått full kapacitet. Precis som för mängden asfalt finns inget säkerställt om vilka mängder schaktmassor som kommer uppkomma i länen inom tio år. Stora klimatbesparingar kan dock göras genom att placera stationer med tillstånd för masshantering närmare exploateringsplatser. Om uppkomna schaktmassor transporteras samma sträckor som idag skulle de enligt denna studie komma att utgöra 0,15-0,4 % av växthusgasutsläppen i Stockholm och Uppsala län. Minskar transportsträckan med 1 mil skulle utsläpp motsvarande 0,1 % av länens växthusgasutsläpp kunna reduceras. Klimatvänligare hantering av schaktmassor kräver antagligen att frågor kring schaktmassor lyfts till högre positioner inom den offentliga sektorn.

Byte till HVO, RME och el i produktionen av ballast skulle leda till minskad klimatpåverkan per ton asfalt. Den procentuella minskningen av klimatpåverkan skulle bli som störst, 8,1 %, om alla maskiner förutom asfaltverket elektrifierades.

7. Referenser

7.1 Litteratur

Andersson, C. & Gunnarsson, H., 2009. *Klimatpåverkan vid väggbyggnad - beroende av vald konstruktion*, Halmstad: Högskolan i Halmstad.

Asfaltskolan, 2011. *Asfaltboken*: Asfaltskolan.

Asfaltskolan, 2017. *Detta är asfalt*. [Online]
Available at: <http://www.asfaltskolan.se/Allmantomasfalt.htm>
[Använd 6 April 2017].

Backman, H. & Hammarqvist, J., 2012. *Arbetsmaskinens klimatpåverkan och hur den kan minska. Ett underlag till 2050-arbetet*, Stockholm: Trafikverket.

Baumann, H. & Tillman, A.-M., 2004. *The hitch hiker's guide to LCA*. Lund: Studentlitteratur AB.

Bioenergiportalen, 2011. *RME- biodiesel*. [Online]
Available at: <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1450>
[Använd 28 Mars 2017].

CPM, 2008. *SPINE LCI dataset: Production of Wetfix I (adhesion promoter used in hot mix for asphalt pavement)*. [Online]
Available at:
<http://www.cpm.chalmers.se/cpmdatabase/Scripts/sheet.asp?ActId=ade25jan743>
[Använd 27 Mars 2017].

EAPA, 2015a. *Asphalt in figures*. [Online]
Available at: <http://www.eapa.org/promo.php?c=174>
[Använd 27 Mars 2017].

EAPA, 2015b. *Warm Mix Asphalt*. [Online]
Available at: <http://www.eapa.org/promo.php?c=202>
[Använd 23 Mars 2017].

Energimyndigheten, 2016a. *Drivmedel och biobränslen 2015*: Statens energimyndighet.

Energimyndigheten, 2016b. *Ökad användning av biodrivmedel inom transportsektorn*. [Online]
Available at: <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2016/okad-anvandning-av-biodrivmedel-inom-transportsektorn/>
[Använd 28 Mars 2017].

- Erlandsson, M., 2010a. *Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för krossprodukter och naturgrus*: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Erlandsson, M., 2010b. *Generell byggproduktinformation (BPI) för bygg- och fastighetssektorn: Miljödata för vägbeläggningar*: IVL Svenska miljöinstitutet.
- Erlandsson, M. & Lindfors, L.-G. J. K., 2013. *Robust LCA: metodval för robust miljöjämförelse med livscykelanalys (LCA) - introduktion för nyfikna*: IVL Svenska miljöinstitutet.
- Eurobitume, 2012. *Life cycle inventory: Bitumen*, Bryssel: European Bitumen Association.
- European Commission, 2013. *EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050. Reference senario 2013*, Luxemburg: Europena Union.
- European Environment Agency, 2016. *Electric vehicles in Europe*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P; Berntsen, T., Betts, R; Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C; Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M. & Van Dorland, R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.
- Glover & Donald, R., 1975. The Effect of Population Density on Infrastructure: The Case of Road Building. *The University of Chicago Press Journal*, April, Volym 23.
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D., 2011. *Miljöfaktaboken 2011. Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*, Stockholm.: Värmeforsk.
- Grånäs, K., Göransson, M., Thorsbrink, M. & Wåhlén, H., 2013. *Underlag till materialförsörjningsplan för Uppsala län*, Uppsala: SGU.
- Hellman, L. & Morgin, A., 2009. Återvinning av asfalt. En utvärdering av återvinningsmetoder för asfalt vid Skanskas verk i regionerna syd och sydost, u.o.: Luleå tekniska universitet.
- Izaks, R., Hartonovs, V., Klasa, I. & Zaumanis, M., 2015. Hot Mix Asphalt With High RAP Content. *Procedia Engineering*.
- Jacobsson, T., 2015. *Gröna koncept inom asfaltbeläggningar*, Borlänge: Trafikverket.

- Jonsson, L., 2017. *Fossilfrihet för arbetsmaskiner*, Stockholm: WSP.
- Kvale, S. & Brinkmann, S., 2014. *Den kvalitativa forskningsintervjun*. 3 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- Lantz, A., 2013. *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Larsson, A.-L., 2016. *Volvo CE tror på elektrifierade och autonoma fordon*. [Online]
Available at: <http://www.entreprenadaktuellt.se/artikel/51990/volvo-ce-tror-pa-elektrifierade--och-autonoma-fordon.html>
[Använd 5 April 2017].
- Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J., 2016. *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Meurman, F., 2016. *Kapacitetsanalys Stockholm-Uppsala. Ecoloop Rapport*, Stockholm: Ecoloop.
- Miljösamverkan Stockholm, 2017. *Masshantering i samband med schaktarbeten*, Stockholm: Miljösamverkan Stockholm.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestad, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T. & Zhang, H., 2013. *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment*, New York: Cambridge University Press.
- NAPA, 2015. *High RAP Asphalt Pavements. Japan Practice - Lesson Learned*, National Asphalt Pavement Association.
- Naturvårdsverket, 2010. *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket, 2016. *Begränsad klimatpåverkan*. [Online]
Available at: <http://naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Begransad-klimatpaverkan/>
[Använd 3 Mars 2017].
- Naturvårdsverket, 2017a. *Utsläpp i siffror*. [Online]
Available at: <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/>
[Använd 22 Maj 2017].
- Naturvårdsverket, 2017b. *Väglidningar om avfall*. [Online]
Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i->

miljoarbetet/Vagledning/Avfall/

[Använd 16 Mars 2017].

Nordiskt Vägforum, 2012. *Grön asfalt*,: Nordiskt Vägforum.

Optimass, 2017. *Materialförvaltning*. [Online]

Available at: <http://www.optimass.se/materialforvaltning/>

[Använd 21 Februari 2017].

Palm, B., 2014. *Vilket mått ska vi använda för köldmediernas klimatpåverkan?*.

[Online]

Available at:

<https://www.kth.se/itm/inst/energiteknik/forskning/ett/projekt/koldmedier-med-lag-gwp/low-gwp-news/vilket-matt-ska-vi-anvanda-for-koldmediernas-klimatpaverkan-1.473500>

[Använd 06 Mars 2017].

Palm, D., Sundqvist, J-O., Jensen, Carl., Tenkie, H., Fråne, A. & Ljunggren

Söderman, M., 2015. *Analys av lämpliga åtgärder för att öka återanvändning och återvinning av bygg-och rivningsavfall: Underlagsrapport för samhällsekonomisk analys.*, Stockholm: Naturvårdsverket.

Preem, 2017. *HVO utan palmolja och PFAD*. [Online]

Available at: <http://preem.se/om-preem/hallbarhet/fornybara-ravaror/hvo-utan-palmolja-och-pfad/>

[Använd 6 April 2017].

Regeringskansliet, 2015. *Mål för klimat och luft*. [Online]

Available at: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo-och-klimat/klimat-och-luft/mal-for-klimat-och-luft/>

[Använd 22 Februari 2017].

Regeringskansliet, 2017. *En mer ambitiös klimat-, energi- och miljöpolitik*.

[Online]

Available at: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/regeringens-overgripande-prioriteringar-for-eu-arbetet-2017/en-mer-ambitos-klimat--energi--och-miljopolitik/>

[Använd 16 Mars 2017].

Re-Road, 2012. *End of life strategies of asphalt pavements*, u.o.: European Comission.

SCB, 2014a. *Miljöräkenskapernas beräkningar av utsläpp till luft*,: SCB.

SCB, 2014b. *Två personer i snitthushållet*. [Online]

Available at: <http://www.scb.se/sv /Hitta-statistik/Artiklar/Tva-personer-i->

snitthushallet/

[Använd 22 Mars 2017].

SCB, 2017. *Nu är vi 10 miljoner invånare i Sverige*. [Online]

Available at: <http://www.scb.se/sv/Om-SCB/Nyheter-och-pressmeddelanden/Sveriges-befolkning-tickar-pa-mot-10-miljoner/>

[Använd 22 Maj 2017].

SGI, 2017. *Återvinning av schaktmassor*. [Online]

Available at: <http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/materialguiden/atervinning-av-schaktmassor/>

[Använd 25 April 2017].

SGU, 2016. *Grus, sand och krossberg 2015*,: Sveriges geologiska undersökning.

Skanska, 2015. *Skanska och Volvo CE i samarbete om eldrivna gula maskiner*.

[Online]

Available at: <http://www.skanska.se/om-skanska/press/pressmeddelanden/126697/Skanska-och-Volvo-CE-i-samarbete-om-eldrivna-gula-maskiner>

[Använd 5 April 2017].

Skanska, 2016. *Vår vision om klimatneutralitet*. [Online]

Available at: <http://www.skanska.se/sv/om-skanska/prioriterade-omraden/gront-byggande/klimatneutralitet/>

[Använd 3 Mars 2017].

Skanska, 2017a. *Gröna kartan*. [Online]

Available at: www.skanska.se/om-skanska/hallbarhet/gront-byggande/grona-kartan/

[Använd 23 Mars 2017].

Skanska, 2017b. *Om Skanska*. [Online]

Available at: <http://www.skanska.se/sv/om-skanska/>

[Använd 3 Mars 2017].

SLU. (u.å). *Vad är livscykelanalys?* [Online]

<https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/> [Använd 30 Januari 2017].

Statens Geotekniska Institut, 2016. *Materialguiden*. [Online]

Available at: http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/materialguiden/?t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%253d%253d&t_q=materialguiden&t_tags=&t_ip=192.168.100.219&t_hit.id=Sgi_Public_Web_Models_Pages_ArticlePage/c02bec67-8603-4dad-98f6-47c

[Använd 22 Februari 2017].

Strippel, H., 2002. *Tillämpningar av klimatmål och Kyotoprotokollet - en allmän konsekvensanalys med branschexempel*, Göteborg: IVL.

Trafikverket, 2004. *Sektion landsbyggd. Vägrum .5 Vägtyper*,: Trafikverket.

Trafikverket, 2014. *Trafikverkets vägar i Uppsala län*. [Online]
Available at: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Uppsala/sa-skoter-vi-vagarna-i-uppsala-lan/Trafikverkets-vagar/>
[Använd 10 April 2017].

Trafikverket, 2015. *Bitumenbundna lager*, TDOK 2013:0529

Trafikverket, 2015. *Trafikverkets vägar i Stockholms län*. [Online]
Available at: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/sa-skoter-vi-vagarna-i-stockholms-lan/Trafikverkets-vagar-i-Stockholm-lan/>
[Använd 10 April 2017].

Trafikverket, 2016. *Bilaga 1 Effektsamband för infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning ur ett livscykelperspektiv*,: Trafikverket.

Vägverket, 2004. *Handbok för återvinning av asfalt*, Borlänge: Vägverket.

Zaumanis, M., 2015. *How green asphalt roads will save you tax money*. [Online]
Available at: <https://sites.google.com/site/martinszaumanis/100-rap>
[Använd 24 April 2017].

Zaumanis, M., Mallick, R. B. & Frank, R., 2014. 100% recycled hot mix asphalt: A review and analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 92: 230-245. *Elsevier*.

7.2 Personlig kommunikation

Gustafsson, M. (den 3 Februari 2017). Produktionschef Skanska Asfalt och Betong.

Jansson, H.-O. (den 4 April 2017). Category Manager Skanska

Johansson, J. (den 22 Februari 2017). Produktionschef Berg & Losshållning
Skanska Väg och Anläggning.

Kjellén, U. (den 20 Januari 2017). Affärsutvecklare Skanska Asfalt och Betong.

Löfgren H. (den 18 April 2017). Maskinspecialist Skanska Asfalt och Betong

Olsson, K. (den 10 Maj 2017). Civ ing/Specialist Asphalt and Bitumen. Skanska.

Pålsson, T. (den 1 Februari 2017). Teknikspecialist, Skanska Asfalt och Betong.

Stjernström, J. (den 16 Februari 2017). Produktionschef Skanska Asfalt och
Betong.

8. Bilaga A - *Beräkning av utsläpp från sprängmedel*

I denna bilaga redovisas beräkningen för utsläpp vid användning av sprängmedel.

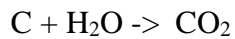
Sprängmedlet antas bestå av främst ammoniumnitrat, 80%, men en mindre del, cirka 5%, antas utgöras av petroleumdestillat (EPC Groupe, 2015).

Molmassa för kol: 12 g/mol

Molmassa för syre: 16g/mol

Antar att 1 kg sprängmedel innehåller 50 gram kol (dvs all petroleumdestillat räknas som kol).

Antar att allt kol blir till koldioxid enligt formel:



$$50 \text{ gram kol} + 50 * 2 * \left(\frac{16}{12}\right) \text{ gram syre} = 183,33 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{kg sprängmedel}}$$

9. Bilaga B – LCI-data

Material	Eldningsolja (EO1)	Pellets och briketter	Bitumen	Diesel 5% RME
Del av processen	Produktion och distribution (Gode, et. al, 2011) Förbränning (SCB, 2014)	Produktion och distribution (Gode, et. al, 2011)	Produktion och distribution (Eurobitume, 2012) Transport: Beräknad	Produktion och distribution (Gode, et. al, 2011)
Utsläpp till luft	g/MJ	g/MJ	g/kg	g/MJ
Fossil koldioxid (CO ₂)*	7,31E+01	1,52E+00	174,244	74,876
Metan (CH ₄)	2,90E-02	9,81E-03	0,595	3,28E-02
Lustgas (N ₂ O)	5,26E-05	5,05E-03		0,00104
Kolmonoxid (CO)	4,37E-03	1,20E-01	0,613	0,00601
Flyktiga kolväten(NMVOC)	2,66E-02	0,01	0,331	0,0237
CFC				

Material	Gasol	Sprängmedel	EL- Vattenkraft	RME	HVO - restprodukter	Tillsatsmedel
Del av processen	Produktion och distribution (Ecoinvent 3.3 (liquefied petroleum gas, import, CH)* Förbränning: (SCB, 2014)	Produktion och distribution: Ecoinvent 3.3 (Explosive Tovex, RoW)* Användning framräknad (EPC Groupe, 2015)	Produktion och distribution (Gode, et. al, 2011)	Produktion och distribution (Gode, et. al, 2011)	Produktion och distribution (Energimyndigheten, 2016)	Produktion och distribution (CPM, 2008)
Utsläpp till luft	g/MJ	g/kg	g/kWh	g/MJ	g/MJ	g/kg
Fossil koldioxid (CO2)*	*+65,1	*+183,48	5,70E+00	1,72E+01	11	3059,587
Metan (CH4)	*	*	4,00E-03	1,21E-02		5,807564
Lustgas (N2O)		*	9,20E-05	2,10E-02		
Kolmonoxid (CO)			2,70E-02	9,70E-03		
Flyktiga kolväten(NMVOC)			5,50E-04	3,40E-03		
CFC						0,003516589

*Värden från ecoinvent från inte användas eller spridas av organisationer som inte har licens hos Ecoinvent.

10. Bilaga C – Karaktäriseringsfaktorer

Tabell 8. Karaktäriseringsfaktorerna för olika ämnen och för olika klimatpåverkanskategorier. För NMVOC har karaktäriseringsfaktorn endast använts för GWP100. Källa :a(Ecoinvent, 2016) b (Forster, et al., 2007).

Ämne	GWP100	GWP20	GTP100	GTP20	Enhet
Koldioxid ^a	1	1	1	1	kg CO ₂ -ekv/kg
Metan ^a (CH ₄)	29,7	84,6	5,7	68,5	kg CO ₂ -ekv/kg
Lustgas ^a (N ₂ O)	265	264	234	277	kg CO ₂ -ekv/kg
Kolmonoxid ^a (CO)	3,275	8,435	1,173	5,685	kg CO ₂ -ekv/kg
Flyktiga kolväten ^b (NMVOC)	5,5	-	-	-	kg CO ₂ -ekv/kg
CFC ^a	13900	110900	15900	11300	kg CO ₂ -ekv/kg

11. Bilaga D – Intervjufrågor

11.1 Frågor - schaktmassor

1. Har trafikverket/er kommun/länsstyrelsen något mål för återvinning eller återanvändning av schaktmassor? Om inte arbetar ni för att sätta upp något mål?
2. Finns det någon drivkraft hos trafikverket/er kommun/länsstyrelsen för att öka återvinningen?
3. Hur stor volym schaktmassor som omsätts i årligen i Sverige/er kommun/län?
4. Har ni någon ungefärlig prognos för mängden som kommer omsättas inom 10 år i Sverige/er kommun/län?
5. Hur stor mängd schaktmassor i Sverige/er kommun/län återvinns eller återanvänds mot andelen som går till deponi?
6. Finns det aktörer med tillstånd som kan återvinna schaktmassor i er kommun? Om inte är det något som eftersträvas? - Hur ser ni på tillstånd för en sådan yta i er kommun?

11.2 Frågor – asfalt

1. Har trafikverket/er kommun/län något mål för återvinning av asfalt? Om inte arbetar ni för att sätta upp något mål?
2. Finns det någon drivkraft hos trafikverket/er kommun/länsstyrelsen för att öka återvinningen av asfalt i er kommun?
3. Hur stor volym asfalt omsätts årligen i Sverige/er kommun/län?
4. Har ni någon ungefärlig prognos för mängden asfalt som kommer omsättas inom 10 år i Sverige/er kommun/län?
5. Hur stor andel asfalt (i Sverige/er kommun/län) återvinns mot andelen som går till deponi?
6. Finns det aktörer med tillstånd som kan återvinna asfalt i er i er kommun/län? Om inte är det något som eftersträvas? (Denna fråga ställdes ej till trafikverket)

12. Bilaga E - *Beräkningar av miljöpåverkan i Stockholm och Uppsala län*

12.1 Beräkning med hänsyn till nya slitlager:

Vägnätet i Stockholms län 3 290km långt (Trafikverket, 2015) och vägnätet i Uppsala län är 3 420km långt (Trafikverket, 2014). Beräkningarna har utförts med ekvation 2. I denna studie är det antagit att 50 % av vägnätet utgörs av motorväg och länsväg som klarar tyngre trafik och att den genomsnittliga bredden på vägen är 14,5 meter bred, $V_B=14,5$. Bredden är beräknad utifrån Trafikverkets (2004) sammanställning av vägtyper där det framgår att vägtyperna (förutom smal väg som i denna rapport antas betyda lägre trafikmängd) har en bredd från 6,5-21,5 meter. Antagande av att 50 % av vägnätet består av motorväg eller tyngre trafikerade länsvägar skulle det innebära att Stockholms län består av 1645 km, $V_L=1645$ och vägnätet i Uppsala län består av 1 710km, $V_L=1710$.

Slitlagret hos motorvägar och länsvägar antas utgöra 0,05-0,08 ton asfalt per kvadratmeter vilket ger ett genomsnitt av 0,065 ton per kvadratmeter vilket är siffran som har använts i denna analys, $A_{ton/m^2}=0,065$. Eftersom slitlagret på en motorväg bör läggas om vart sjunde år innebär detta att en omläggning sker 1,4 gånger under en tioårsperiod, $U_B = 1,4$. I denna rapport är därför denna omläggning studerad för att undersöka villa koldioxidbesparingar som kan göras med hjälp av återvunnen asfalt.

Stockholms län:

Yta som ska asfalteras om= $V_L * V_B = 1\,645\,710\text{km} * 14,5\text{m} = 23\,852\,500\text{ m}^2$

Ton asfalt= $V_L * V_B * A_{ton/m^2} = 23\,852\,500\text{ m}^2 * 0,065\text{ ton/m}^2 = 1\,550\,412,5\text{ ton}$

Ska bytas 1,4 gånger under en tioårsperiod:

$S_{Nytt} = V_L * V_B * A_{ton/m^2} * U_B = 1\,550\,412,5\text{ ton} * 1,4 = 2\,170\,577,5\text{ ton}$

Uppsala län:

Yta som ska asfalteras om: $V_L * V_B = 1\,710\text{km} * 14,5\text{m} = 24\,795\,000\text{ m}^2$

Ton asfalt= $V_L * V_B * A_{ton/m^2} = 24\,795\,000\text{ m}^2 * 0,065\text{ ton/m}^2 = 1\,611\,675\text{ ton}$

Ska bytas 1,4 gånger under en tioårsperiod:

$V_L * V_B * A_{ton/m^2} * U_B = 1\,611\,675\text{ ton} * 1,4 = 2\,256\,345\text{ ton}$

Andel av Sveriges produktion (baserat på att årsproduktionen av Sveriges asfalt är 7,5 Mton/år):

$$(2,1+2,3)[\text{Mton}]/10 [\text{år}]/7,5 [\text{Mton/år}] = 0,06 = 6 \%$$

Tillverkas asfalten enligt referensscenariot blir utsläppen:

Stockholms län: 33,5 kg CO₂-ekv/ton*2 170 577,5 ton= 72 714 ton CO₂-ekv

Uppsala län: 33,5 kg CO₂-ekv/ton *2 256 345 ton=75 588 ton CO₂-ekv

Totalt för bägge län: 148 302 ton CO₂-ekv

Tillverkas asfalten enligt scenario 2 blir utsläppen:

Stockholms län: 17 kg CO₂-ekv/ton*2 170 577,5 ton= 36 900 ton CO₂-ekv

Uppsala län: 17 kg CO₂-ekv/ton *2 256 345 ton=38 358 ton CO₂-ekv

Totalt för bägge län: 75 258 ton CO₂-ekv

Tillverkas asfalten enligt scenario 3a blir utsläppen:

Stockholms län: 25,6 kg CO₂-ekv/ton*2 170 577,5 ton= 55 567 ton CO₂-ekv

Uppsala län: 25,6 kg CO₂-ekv/ton *2 256 345 ton=38 358 ton CO₂-ekv

Totalt för bägge län: 93 925 ton CO₂-ekv

Klimatpåverkan jämförd med utsläppen i länen:

Referensscenariot: 148 302 ton CO₂-ekv/((5 100 000+1 600 000) ton CO₂-ekv/år *10år)=0,002=0,2 %

Scenario 2: 75 258 ton CO₂-ekv/((5 100 000+1 600 000) ton CO₂-ekv/år *10år)=0,001=0,1 %

Scenario 3a: 93 925 ton CO₂-ekv/((5 100 000+1 600 000) ton CO₂-ekv/år*10år)=0,001=0,1 %

12.2 Beräkning med hänsyn till ökad befolkning

12.2.1 Befolkningsökning

Sveriges befolkning är cirka 10 000 000

Årlig produktion av asfalt: 7 500 000 ton

Ton asfalt per person: 0,75 ton per person, $A_p=0,75$

Stockholms län:

Befolkningsökning Stockholms län antas öka med 19 % inom en tioårsperiod från 2015-2025 (Statisticon, 2016). Denna siffra ökning appliceras i denna studie för befolkningsökning mellan 2017-2026.

Ökning med 19 % i Stockholms län under en tioårsperiod.

Invånare 31 december 2016: 2 269 060, $B_{2017,Stockholm}=2\,269\,060$

Antalet invånare 2026 blir därför : $2\,269\,060 * x^{10} = 2\,269\,060 * 1,15$

Där x är den årliga befolkningsökningen som motsvarar 1,01754 vilket motsvarar en årlig befolkningsökning av 1,754 %, $B_{T,Stockholm}=1,754$.

Mängden asfalt blir:

Beräkningar har utförts med ekvation 3.

$$A_{B,Stockholm} = \sum_{k=1}^n A_p * B_{2017,stockholm} * B_{T,Stockholm}^k =$$
$$\sum_{k=1}^n 0,75 * 2\,269\,060 * 1,01754^k = 18\,749\,165 \text{ ton}$$

$$n = 1,2 \dots 10$$

18 749 165 ton på tio år, dvs cirka 19 miljoner ton.

Uppsala län:

Befolkningsökning Uppsala län antas öka med 15 % inom en tioårsperiod från 2015-2025 (Statisticon, 2016). Denna siffra ökning appliceras i denna studie för befolkningsökning mellan 2017-2026.

Invånare 31 december 2016: 361 373, $B_{2017,Uppsala}=361\,373$

Antalet invånare 2026 blir därför : $361\,373 * x^{10} = 361\,373 * 1,15$

Där x är den årliga befolkningsökningen som motsvarar 1,01407 vilket motsvarar en årlig befolkningsökning av 1,407 %, $B_{T,Uppsala}=1,407$

Mängden asfalt blir:

Beräkningar har utförts med ekvation 3.

$$A_{B,Uppsala} = \sum_{k=1}^n A_P * B_{2017,Uppsala} * B_{T,Uppsala}^k = \sum_{k=1}^n 0,75 * 361\,373 * 1,01407^k = 2\,929\,140 \text{ ton}$$

$$n = 1,2...10$$

Cirka 2 929 140 ton på tio år, dvs cirka 3 miljoner ton

Andel av Sveriges produktion (baserat på att årsproduktionen av Sveriges asfalt är 7,5 Mton/år):

$$(19+3) [\text{Mton}]/10 [\text{år}]/7,5 [\text{Mton/år}] = 0,3 = 30 \text{ \%}.$$

Tillverkas asfalten enligt referensscenariot blir utsläppen:

Stockholms län: $33,5 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 18\,749\,165 \text{ ton} = 628\,100 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Uppsala län: $33,5 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 2\,929\,140 \text{ ton} = 98\,100 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Totalt för bägge län: 726 223 ton CO₂-ekv

Tillverkas asfalten enligt scenario 2 blir utsläppen:

Stockholms län: $17 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 18\,749\,165 \text{ ton} = 318\,700 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Uppsala län: $17 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 2\,929\,140 \text{ ton} = 49\,800 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Totalt för bägge län: 368 500 ton CO₂-ekv

Tillverkas asfalten enligt scenario 3a blir utsläppen:

Stockholms län: $25,6 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 18\,749\,165 \text{ ton} = 478\,000 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Uppsala län: $25,6 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/ton} * 2\,929\,140 \text{ ton} = 75\,000 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Totalt för bägge län: 555 000 ton CO₂-ekv

Klimatpåverkan jämförd med utsläppen i länen:

Referensscenario: $726\,223 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/((5\,100\,000+1\,600\,000) \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/\text{år} \cdot 10\text{år})=0,011=1,1 \%$

Scenario 2: $368\,500 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/((5\,100\,000+1\,600\,000) \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/\text{år} \cdot 10\text{år})=0,006=0,6 \%$

Scenario 3a: $555\,000 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/((5\,100\,000+1\,600\,000) \text{ ton CO}_2\text{-ekv}/\text{år} \cdot 10\text{år})=0,008=0,8 \%$

Tabell 9 visar klimatpåverkan i ton CO₂-ekv från asfaltproduktion för Stockholm och Uppsala län för olika år baserat på olika tillverkningsprocesser.

År	Referensscenario Stockholms län	Referensscenario Uppsala län	Scenario 2 Stockholms län	Scenario 2 Uppsala län	Scenario 3a Stockholms län	Scenario 3a Uppsala län
2017	58 000	9 200	29 400	4 700	44 300	7 000
2018	59 000	9 200	30 000	4 700	45 100	7 100
2019	60 100	9 500	30 500	4 800	45 900	7 200
2020	61 100	9 600	31 000	4 900	46 700	7 300
2021	62 200	9 700	31 600	4 900	47 500	7 400
2022	63 300	9 900	32 100	5 00	48 400	7 500
2023	64 400	10 000	32 700	5 100	49 200	7 700
2024	65 500	10 200	33 200	5 200	50 100	7 800
2025	66 700	10 300	33 800	5 200	50 900	7 900
2026	67 800	10 400	34 400	5 300	51 800	8 000
Summa	628 000	98 100	318 700	49 800	478 000	75 000

Tabell 10 visar beräkningen av miljoner invånare i Stockholm respektive Uppsala län de kommande tio åren.

År	Stockholm län	Uppsala län
2017	2,309	0,366
2018	2,349	0,372
2019	2,391	0,377
2020	2,432	0,382
2021	2,475	0,388
2022	2,519	0,393
2023	2,563	0,399
2024	2,608	0,404
2025	2,653	0,410
2026	2,700	0,416

12.2.2 Utsläpp till följd av transporterade schaktmassor

Beräkningen av mängden uppkomna schaktmassor baseras på förväntade mängder schaktmassor som kommer uppkomma i ett bostadsprojekt i Upplands-Väsby som kommer behöva transporteras tillsammans med en förväntad ökat behov av bostäder till följd av ökad befolkning i länen. Beräkningarna utfördes med ekvation 4 och 5.

Bostadsbygget i Danderyd beräknades generera schaktmassor i mängder om cirka 132000m³ (Structor Uppsala AB, 2015) (Structor Uppsala AB, 2016). Antal bostäder som skulle byggas var cirka 1000 stycken, $SC_B=132 \text{ m}^3/\text{bostad}$.

I Sverige är bor det i snitt 2,2 personer per hushåll (SCB, 2014b) vilket har varit siffran som använts för att beräkna hur många bostäder som behövs byggas för att tillgodose befolkningen i Uppsala och Stockholms län år 2026, $P_B=2,2$.

Den ökade befolkningen i Stockholms län år 2026 jämfört med idag (31 december 2016) antas vara:

$$B_{2026,Stockholm} - B_{2017,Stockholm} = 269\,060 * 1,19 - 2\,269\,060 = 431\,121 \text{ personer}$$

$$N_{B,Stockholm} = \frac{B_{2026,Stockholm} - B_{2017,Stockholm}}{P_B} = \frac{431\,121}{2,2} = 195\,964$$

Den ökade befolkningen i Uppsala län år 2026 jämfört med idag (31 december 2016) antas vara:

$$B_{2026,Uppsala} - B_{2017,Uppsala} = 361\,373 * 1,15 - 361\,373 = 54\,206 \text{ personer}$$

$$N_{B,Uppsala} = \frac{B_{2026,Uppsala} - B_{2017,Uppsala}}{P_B} = \frac{54\,206}{2,2} = 24\,639$$

För att beräkna påverkan till klimatförändringarna som uppkommer vid transport av schaktmassor behövdes vikten av schaktmassorna beräknas. Schaktmassorna antogs bestå av jord vars densitet antas vara 1,5 ton per m³, $SC_D=1,5$. Denna densitet som antogs i annat examensarbete av Granbom (2014).

$$SC_{Stockholm} = SC_B * N_{B,Stockholm} * SC_D = 132 * 195\,964 * 1,5 = 38\,800\,900$$

$$SC_{Uppsala} = SC_B * N_{B,Uppsala} * SC_D = 132 * 24\,600 * 1,5 = 4\,878\,500$$

För att beräkna energimängden som krävs för att transportera schaktmassorna användes beräkningsverktyget NTMCalc Basic 4.0 (Network for Transport Measures, 2017). Fordonet som transporterar schaktmassorna antas vara en lastbil med trailer som har lastkapacitet på 28-34 ton och 34 ton antas lastas. Den beräknade energimängden som krävdes för att 1 km transport var cirka 35 MJ. Diesel 5 % RME antogs användas i transporten vilket med hjälp av det skapade LCA-verktyget resulterar i 2,7 kg koldioxidekvivalenter. Per ton ger detta ett värde av $2,7/34=0,079$ kg CO₂-ekvivalenter per tonkm.

Inom en tioårsperiod i skulle det innebära utsläpp:

Stockholms län:

1 mil: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/ton} * 10\text{km} * 38\,800\,900 \text{ ton} = 30\,700 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

3mil transport: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/tonkm} * 30\text{km} * 38\,800\,900 \text{ ton} = 92\,000 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

8mil: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/tonkm} * 80\text{km} * 38\,800\,900 \text{ ton} = 245\,200 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Uppsala län:

1 mil: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/tonkm} * 10\text{km} * 4\,878\,500 \text{ ton} = 3\,900 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

3mil transport: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/tonkm} * 30\text{km} * 4\,878\,500 \text{ ton} = 11\,600 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

8mil: $0,079 \text{ CO}_2\text{-ekv/tonkm} * 80\text{km} * 4\,878\,500 \text{ ton} = 30\,800 \text{ ton CO}_2\text{-ekv}$

Klimatpåverkan jämförd med utsläppen i länen:

1 mil : $(30\,700 + 3\,900) \text{ ton CO}_2\text{-ekv} / ((5\,100\,000 + 1\,600\,000) \text{ ton CO}_2\text{-ekv/år} * 10\text{år}) = 0,0005 = 0,05 \%$

3 mil : $(92\,000 + 11\,600)$ ton CO₂-ekv/ $((5\,100\,000 + 1\,600\,000)$ ton CO₂-ekv/år
*10år)=0,0015=0,15 %

8 mil : $(245\,200 + 30\,800)$ ton CO₂-ekv/ $((5\,100\,000 + 1\,600\,000)$ ton CO₂-ekv/år
*10år)=0,0041=0,41 %

13. Referenslista för bilagor

CPM, 2008. *SPINE LCI dataset: Production of Wetfix I (adhesion promoter used in hot mix for asphalt pavement)*. [Online]

Available at:

<http://www.cpm.chalmers.se/cpmdatabase/Scripts/sheet.asp?ActId=ade25jan743>

[Använd 27 Mars 2017].

Ecoinvent version 3.3. Sökning: Explosive Tovex, RoW.

Ecoinvent version 3.3. Sökning: Liquefied petroleum gas, import, CH.

Energimyndigheten, 2016a. *Drivmedel och biobränslen 2015*: Statens energimyndighet.

EPC Groupe, 2015. *Säkerhetsdatablad Blendex 70*. [Online] Available at:

<http://www.epc-groupe.se/produkter/bulkspraengae/mne/emulsion/>

[Använd 5 Maj 2017].

Eurobitume, 2012. *Life cycle inventory: Bitumen*, Bryssel: European Bitumen Association.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P; Berntsen, T., Betts, R; Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C; Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M. & Van Dorland, R., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.*

Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D., 2011. *Miljöfaktaboken 2011. Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*, Stockholm.: Värmeforsk.

Granbom, H., 2014. *Hantering av schaktmassor med hänsyn till miljömålen "giftfri miljö" och "begränsad klimatpåverkan"*, Uppsala: SLU.

Network for Transport Measures, 2017. *NTMCalc Basic 4.0 Environmental Performance Calculator*. [Online]

Available at: <https://www.transportmeasures.org/ntmcalc/v4/basic/index.html#/>

SCB, 2014a. *Miljöräkenskapernas beräkningar av utsläpp till luft*, : SCB.

SCB, 2014b. *Två personer i snitthushållet*. [Online]

Available at: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Artiklar/Tva-personer-i-snitthushallet/

[Använd 22 Mars 2017].

Statisticon, 2016. *Sverige växer*. [Online]
Available at: <http://befolkningsprognoser.se/sverige-vaxer/>
[Använd 22 Mars 2017].

Structor Uppsala AB, 2015. *Eds allé etapp 1 - Mängdförteckning med teknisk beskrivning*,.: AB Svensk Byggtjänst 2012.

Structor Uppsala AB, 2016. *Eds allé etapp 3-4 - Mängdförteckning med teknisk beskrivning. Bygghandling 2016-08-31*,.: AB Svensk Byggtjänst 2012.

Trafikverket, 2014. *Trafikverkets vägar i Uppsala län*. [Online]
Available at: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Uppsala/sa-skoter-vi-vagarna-i-uppsala-lan/Trafikverkets-vagar/>
[Använd 10 April 2017].

Trafikverket, 2015. *Trafikverkets vägar i Stockholms län*. [Online]
Available at: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/sa-skoter-vi-vagarna-i-stockholms-lan/Trafikverkets-vagar-i-Stockholm-lan/>
[Använd 10 April 2017].

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000